

УДК 004

С. Ергашев, магістр гр. КІ-22М-1,

Центральноукраїнський національний технічний університет

ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ПРОГРАМНА РЕАЛІЗАЦІЯ СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ СТАНУ SSD ДИСКУ НА ОСНОВІ ТЕХНОЛОГІЇ LIFE LEFT

У статті розроблено програмне забезпечення, яке призначено для системи моніторингу стану SSD диску на основі технології Life Left. Метою розробки є дослідження та програмна реалізація системи моніторингу стану SSD диску на основі технології Life Left. Об'єктом дослідження є процес моніторингу стану SSD диску на основі технології Life Left. Предметом дослідження є методи моніторингу стану SSD диску на основі технології Life Left. Методи дослідження базуються на методах архітектури комп'ютерів, методах математичної статистики, методах розробки програмного забезпечення. Результат роботи – програмна реалізація системи моніторингу стану SSD диску на основі технології Life Left. В процесі роботи над програмною моделлю виконано аналіз існуючих апаратних та програмних засобів. В повній мірі описані всі компоненти розробленого програмного забезпечення.

Постановка проблеми. Розвиток технологій дозволяє змінити думку про ненадійність SSD-дисків. Звичайно, їхній технологічний ресурс може бути трохи нижчий, ніж в SAS або SATA. Але їхній незаперечний плюс – блискавична швидкість роботи – перекидає не тільки це, але і їхні невеликі обсяги й високу вартість.

SSD-диски дуже добре показують себе в умовах, коли швидкість роботи додатків більше важлива, ніж дисковий простір. Наприклад, інтернет-магазини або великі інтернет-портали, які виростили з ресурсів віртуального хостингу й віртуальних серверів. Різні ігрові сервера також не вимогливі до обсягу дискового простору, але вкрай залежні від продуктивності.

А під резервні копії можна з успіхом використовувати зовнішній диск для резервних копій.

У жорстких дисків є певний ресурс, при виробітку якого він виходить із ладу й стає непридатним.

Якщо у випадку з SATA-диском проблем з діагностикою не виникає, то в SSD – ще досить молодій технології, виникають проблеми й невідповідність інформації. Не всі виробники дотримуються якихось загальноприйнятих стандартів, тому параметри S.M.A.R.T. можуть відрізнятися не тільки в показниках, але й у наявності самих параметрів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. При аналізі останніх досліджень і публікацій [1-20] було виявлено певні прогалини у забезпеченні системи моніторингу стану SSD диску на основі технології Life Left.

Мета й завдання дослідження. Метою роботи є дослідження та програмна реалізація системи моніторингу стану SSD диску на основі технології Life Left.

Для досягнення поставленої мети визначена програма дослідження, що складається з наступних завдань:

- Огляд існуючих систем моніторингу стану SSD диску на основі технології Life Left.
- Дослідження системи моніторингу стану SSD диску на основі технології Life Left.
- Програмна реалізація системи моніторингу стану SSD диску на основі технології Life Left.

Об'єктом дослідження є процес моніторингу стану SSD диску на основі технології Life Left.

Предметом дослідження є методи моніторингу стану SSD диску на основі технології Life Left.

Методи дослідження базуються на методах архітектури комп'ютерів, методах математичної статистики, методах розробки програмного забезпечення.

Виклад основного матеріалу.

Як відомо, SSD займає місце HDD з його високою продуктивністю. Тому більшість людей використовують SSD як диск операційної системи. Насправді, що стосується SSD VS HDD, SSD має більше переваг. Хоча SSD є швидкими та кращими, вони досить крихкі.

Виходячи з цього факту, вам слід час від часу запускати інструмент перевірки стану SSD або програми оптимізації. Завдяки цьому ви зможете максимізувати продуктивність і термін служби вашого SSD.

Що робить інструмент перевірки стану SSD

Зараз на ринку є багато програм для тестування SSD, які можуть похвалитися різними функціями для керування SSD. Якщо бути конкретним, що робить інструмент перевірки стану SSD? Для більшості інструментів перевірки працездатності SSD їх можна використовувати для перевірки швидкості передачі SSD, вимірювання продуктивності SSD, оптимізації SSD тощо. Деякі з них навіть дозволяють безпечно стерти SSD.

Враховуючи цей факт, вам краще уважно прочитати опис програмного забезпечення, щоб перевірити, чи містить воно потрібну вам функцію.

Нижче надано більше інформації про те, що виконує інструмент перевірки стану SSD.

Перевірте стан SSD

Перше, що робить інструмент перевірки працездатності SSD, це повідомляє вам, наскільки справний ваш SSD. Деякі інструменти перевірки працездатності SSD покажуть вам поточний стан вашого SSD і дадуть вам статус працездатності, наприклад Crystal Disk Info.

У той час як інші, такі як MiniTool Partition Wizard Free Edition, можуть визначити, скільки пошкоджених секторів на вашому SSD, що може вказувати на стан вашого SSD. Одним словом, за допомогою цих інструментів ви можете легко перевірити, чи ваш SSD справний.

Оптимізуйте продуктивність SSD

Деякі інструменти SSD дозволяють виконувати збір сміття та інші параметри, які можуть покращити продуктивність накопичувача.

Більшість інструментів перевірки працездатності SSD дозволяють оптимізувати або налаштувати ваш SSD для різних вимог, як-от Intel SSD Toolbox, Samsung Magician тощо. Однак ви можете помітити, що деякі способи можуть покращити продуктивність накопичувача ціною втрати певної ємності.

Перевірте швидкість SSD

Однією з основних функцій інструментів перевірки працездатності SSD є тест SSD/Disk, який може вимірювати продуктивність вашого SSD шляхом тестування швидкості передачі SSD. Ви дізнаєтесь, чи точні дані запису/читання, надані виробником, після перевірки швидкості вашого SSD.

Простіше кажучи, ви матимете приблизне уявлення про продуктивність свого SSD.

Безпечне видалення SSD

Якщо твердотільний накопичувач містить конфіденційну інформацію та його потрібно стерти, стерти дані на диску – мудра операція. Проблема полягає в тому, що багато інструментів SSD видаляють дані, перезаписуючи диск багато разів, викликаючи збій доступу до областей зберігання. Наприклад, блоки можуть бути позначені як погані, або як блоки надмірного забезпечення та вирівнювання зносу.

Хоча деякі інструменти безпечного стирання SSD пропонують доступ до процедури безпечного стирання на основі апаратного забезпечення. Під час цього процесу контролер

SSD гарантує, що все сховище, включаючи області, до яких неможливий звичайний і прямий доступ, може бути повністю очищено.

На ринку доступно багато інструментів перевірки стану SSD. Який вибрати? У цьому дописі представлено 8 найкращих тестувальників SSD. Ви можете взяти їх як орієнтир.

8 найкращих інструментів перевірки працездатності SSD

1. MiniTool Partition Wizard.
2. Intel SSD Toolbox.
3. Samsung Magician.
4. Crystal Disk Info.
5. Smartmonotools.
6. Hard Disk Sentinel.
7. Toshiba SSD Utility.
8. SSD Life

MiniTool Partition Wizard

MiniTool Partition Wizard – це потужний інструмент для керування розділами та перевірки працездатності SSD, який може допомогти вам відформатувати диск, відновити відсутні дані, проаналізувати використання диска, перенести ОС на SSD /HD тощо. Функція **Disk Benchmark** дає змогу вимірювати продуктивність диска, використовуючи змінні розміри передачі та довжини тестів як для послідовного, так і для випадкового читання/запису.

Крім того, ви можете завершити всю операцію в кілька кліків. За допомогою цього чудового інструменту тестування SSD ви можете перевірити контролери RAID будь-якого виробника, контролери накопичувачів, жорсткі диски та SSD-накопичувачі. Однак, якщо розмір передачі має великий діапазон, весь процес тестування може зайняти деякий час.

Після завантаження та встановлення MiniTool Partition Wizard виконайте наведені нижче кроки, щоб виконати операцію тестування диска.

Крок 1. Запустіть майстер розділів MiniTool, щоб увійти в його основний інтерфейс.

Крок 2: Клацніть **Disk Benchmark** у верхній частині головної сторінки.

Крок 3: У спливаючому вікні ви можете встановити параметри тестування диска HD/SSD, включаючи тестовий диск, розмір передачі, номер черги, час охолодження, номер потоку, загальну довжину та режим тестування відповідно до ваших вимог. Після цього натисніть «Пуск», щоб виконати операцію.

Крок 4: Дочекайтеся завершення операції. Різні налаштування тесту можуть зайняти різний час. Після завершення операції ви отримаєте інтуїтивно зрозумілу таблицю, як показано на малюнку нижче.

Як бачите, MiniTool Partition Wizard дозволяє з легкістю виконувати тест SSD. Крім того, ви можете переглянути результати безпосередньо. Тому, будь ласка, не зволікайте, завантажуйте його.

Intel SSD Toolbox

Intel SSD Toolbox – це частина програмного забезпечення для керування накопичувачами, яка дає змогу контролювати стан вашого накопичувача, оцінювати його ресурс, що залишився, а також атрибути SMART. Він може виконувати швидко та повне діагностичне сканування для перевірки функцій читання та запису твердотільного накопичувача Intel.

Крім того, це дозволяє оновлювати мікропрограму підтримуваного твердотільного накопичувача Intel і покращувати продуктивність твердотільного накопичувача Intel за допомогою функції **Trim**. Тоді ви зможете отримати найкращу продуктивність, енергоефективність і довговічність Intel SSD, перевіряючи та регулюючи налаштування системи.

За допомогою Intel SSD Toolbox ви можете виконати безпечно видалення вторинного твердотільного накопичувача Intel. Ось і всі функції Intel SSD Toolbox.

Samsung Magician

Порівняно з Intel SSD Toolbox, Samsung Magician є більш складним. Це тому, що він більше схожий на пакет керування, ніж на просту програму. Samsung Magician дозволяє створювати профілі, налаштовувати оцінки продуктивності та встановлювати максимальну сміність і надійність.

Якщо ви хочете уникнути несумісності з операційною системою, ви можете або оновити прошивку, або завантажити Magician. Власне, оптимізація та діагностика – його основні функції. Те, що Samsung Magician пропонує через режим RAID, є виділеним пунктом.

Режим RAID може використовувати 1 ГБ DRAM вашої системи як кеш для гарячих даних або даних, до яких часто звертаються. Таким чином покращиться загальна продуктивність, особливо швидкість читання.

Що ще важливіше, якщо ви не задоволені результатами діагностики та тестами, ви можете продовжувати оптимізувати свій твердотільний накопичувач Samsung для поточної ОС за допомогою функції **оптимізації ОС** у Samsung Magician.

Crystal Disk Info

Crystal Disk Info – це відкрите програмне забезпечення, яке може надати вам інформацію про стан і температуру вашого SSD або HDD. Це один із безкоштовних інструментів, який має можливість збирати точні дані для обох типів накопичувачів і працювати з дисками всіх виробників.

У той же час для вас також надається загальна інформація. Crystal Disk Info дозволяє перевіряти оновлення прошивки, деталі портів, розмір буфера, швидкість читання та запису, енергоспоживання та інформацію SMART. Ви можете легко перевірити швидкість SSD через нього.

Більше того, ви також можете використовувати його для невеликих налаштувань керування живленням і сповіщень. Єдиним недоліком Crystal Disk Info є те, що він не працює в системах на базі Linux і не може виконувати оновлення мікропрограми.

Smartmonotools

Smartmonotools містить дві утиліти (smartctl і smartd), які допоможуть контролювати та контролювати жорсткий диск. Він пропонує моніторинг жорсткого диска в режимі реального часу. Більше того, він аналізуватиме та інформуватиме вас про можливу деградацію та збій диска.

Smartmonotools підтримує диски ATA/ATAPI/SATA-3 до -8 і диски SCSI та пристрої типу. Ви можете запустити цей дисковий інструмент у Mac OS X, Linux, FreeBSD, NetBSD, OpenBSD, Solaris, OS/2, Cygwin, QNX, eComStation, Windows і Live CD.

Hard Disk Sentinel

Hard Disk Sentinel – це інструмент моніторингу жорсткого диска, який підтримує операційні системи Windows, Linux і Dos. Він призначений для пошуку, діагностики та усунення проблем із SSD. Disk Sentinel також може показати вам справний стан SSD. Він може сканувати внутрішній або зовнішній SSD, підключений через USB або e-SATA, і знаходити потенційні проблеми. Після цього він створить звіти з можливими виправленнями для виправлення помилок.

Після встановлення Hard Disk Sentinel він працюватиме у фоновому режимі та автоматично перевірятиме стан SSD. Якщо він виявить будь-яку помилку, він негайно повідомить вас. За допомогою цього інструменту моніторингу SSD ви можете перевірити швидкість передачі жорсткого диска в реальному часі.

Зробивши це, ви дізнаєтесь про тестування свого диска, потенційні збої жорсткого диска, а також зниження продуктивності.

Toshiba SSD Utility

Якщо ви зараз використовуєте OCZ SSD, Toshiba SSD Utility, можливо, є найкращим програмним забезпеченням, яке ви можете використовувати незалежно від вашої операційної системи. За допомогою Toshiba SSD Utility ви можете контролювати свій SSD у режимі

реального часу та дуже швидко отримувати інформацію про SSD, включаючи стан SSD, ресурс, що залишився, обсяг пам'яті та загальну продуктивність.

Крім того, його також можна використовувати як менеджер дисків і інструмент оптимізації. Ви можете перемикатися між декількома режимами залежно від вашого SSD або передбачуваного використання вашої установки, як-от ігри, робоча станція, редагування відео тощо. Використовуючи ці попередньо встановлені режими, ви можете покращити продуктивність накопичувача та збільшити термін його служби в різних випадках.

Порада: Toshiba SSD Utility не працюватиме на 32-розрядних системах.

SSD Life

Термін служби SSD головним чином зосереджується на справності та залишковому ресурсі SSD замість інших показників. Він чудово сумісний із основними виробниками твердотільних накопичувачів, такими як власний твердотільний накопичувач Apple MacBook Air. Це дозволяє запускати діагностику стану SSD, терміну служби та загальної продуктивності. SSD Life повідомить вам точні результати та будь-які важливі недоліки, які можуть вплинути на залишок терміну служби або швидкість читання/запису.

Однак безкоштовна пробна версія триває лише сім днів і має обмеження щодо деяких функцій. Після закінчення терміну дії пробної версії вам потрібно буде оплатити її для подальшого використання.

SSD – це тип запам'ятовуючого пристрою, який використовує флеш-пам'ять NAND для зберігання даних. На відміну від традиційних жорстких дисків (HDD), які мають обертові диски та рухомі головки читання/запису, SSD не мають рухомих частин. Це робить їх швидшими, довговічнішими та енергоефективнішими. SSD зазвичай використовуються в ноутбуках, настільних комп'ютерах та інших пристроях, де швидкість і надійність мають вирішальне значення.

Твердотільні накопичувачі (SSD) революціонізували спосіб зберігання даних, запропонувавши вищу швидкість і більшу надійність порівняно з традиційними жорсткими дисками. Однак багато користувачів все ще задаються питанням про термін служби своїх SSD. У цій статті описано фактори, які впливають на термін служби твердотільного накопичувача, як перевірити залишок ресурсу твердотільного накопичувача та поради щодо продовження терміну служби. Ми також порівняємо термін служби твердотільних і жорстких дисків, щоб отримати повну картину.

Що визначає термін служби SSD?

Щоб зрозуміти термін служби SSD, необхідно знати фактори, які впливають на тривалість роботи SSD. Основні детермінанти включають тип флеш-пам'яті NAND, цикли запису та стирання, загальні моделі використання тощо.

Типи флеш-пам'яті NAND: SSD використовують флеш-пам'ять NAND, яка буває різних типів:

- SLC (однорівнева комірка).
- MLC (багаторівнева комірка).
- TLC (трирівнева комірка).
- QLC (чотирьохрівнева комірка).

SLC має найвищу довговічність, а QLC, будучи дешевшим, має найменшу. Тому, вибираючи SSD, варто звернути увагу на таку детальну інформацію.

Цикли запису та стирання: кожна комірка в SSD має кінцеву кількість циклів програмування/стирання (P/E), перш ніж вона стане ненадійною. Загалом твердотільні накопичувачі споживчого рівня зазвичай підтримують приблизно від 1000 до 3000 циклів P/E, тоді як твердотільні накопичувачі корпоративного класу можуть обробляти до 100 000 циклів. Ця різниця означає, що корпоративні твердотільні накопичувачі зазвичай працюють довше при інтенсивному використанні порівняно зі споживчими моделями.

Щоденне використання та робоче навантаження: спосіб використання SSD також відіграє важливу роль. Для типових повсякденних завдань, таких як перегляд веб-сторінок, робота з документами та потокове відео, SSD можуть працювати багато років без проблем.

Однак, якщо ви часто виконуєте важкі операції запису, такі як редагування відео або запуск віртуальних машин, SSD може швидше зношуватися.

Специфікації виробника: Варто зазначити, що SSD мають рейтинг загальної кількості записаних байтів (TBW). Цей рейтинг вказує на кількість даних, які ви можете записати на диск, перш ніж він, швидше за все, вийде з ладу. Наприклад, SSD з рейтингом TBW 150 ТБ означає, що ви можете записати на нього 150 терабайт даних протягом терміну служби. Ця цифра може дати вам приблизну оцінку того, як довго прослужить SSD на основі ваших моделей використання.

Як перевірити залишковий ресурс вашого SSD?

Як дізнатися, чи мій SSD зношується? Як визначити, що мій SSD вмирає? Тепер давайте обговоримо ознаки того, що ваш SSD може зношуватися. Одним з перших показників є зниження продуктивності. Ви можете помітити, що файли зберігаються довше або ваш комп'ютер стає менш чуйним. Крім того, ви можете отримувати попередження від операційної системи про проблеми з приводом.

Окрім спостереження за ознаками, ми також можемо вручну перевірити стан SSD і оцінити залишковий термін служби. Отже, знати, як відстежувати стан свого SSD, має вирішальне значення для запобігання можливим збоєм. Більшість твердотільних накопичувачів підтримують технологію SMART (технологія самоконтролю, аналізу та звітування), до якої можна отримати доступ за допомогою різних програмних засобів. Ці інструменти, як-от DiskGenius Free Edition або фірмові інструменти виробника (наприклад, Samsung Magician для SSD-накопичувачів Samsung), можуть відображати такі показники, як загальна кількість записаних байтів (TBW), кількість вирівнювань зносу, термін служби, що залишився, і загальний відсоток працездатності вашого SSD.

Система зберігання даних у наші дні є основним «вузьким місцем» комп'ютера. Саме тому стільки надій сьогодні пов'язане з SSD, які можуть ефективно помножити продуктивність накопичувачів. Якщо ви встановите твердотільний накопичувач навіть у дешевий нетбук, то його чуйність збільшиться набагато сильніше, ніж якби ви подвоїли його оперативну пам'ять.

SSD – відносно нова технологія (принаймні, якщо порівнювати з жорсткими диском, яким здійснилося майже 60 років). Тому логічно порівнювати SSD і HDD.

Здоров'я SSD

На відміну від жорстких дисків, у світі SSD усе більш виразно. Флеш-пам'ять, на основі якої побудовані SSD диски, має точно відомий ресурс використання – 10000 перезаписів (спрощено говорячи, точне число залежить від використовуваного в SSD типу пам'яті). Всі диски містять у собі мікропрограму, що стежить за рівномірним використанням всіх комірок пам'яті й відслідковує, скільки перезаписів був зроблений, який ресурс, що залишився, SSD диску. У підсумковому виді саме ці дані й повідомляються мікропрограмою диску в одному з параметрів S.M.A.R.T. с красномовною назвою SSD Life Left (Залишилося життя SSD) або Media wear out indicator (Показник зношування носія) – і саме цей параметр у зручному й зрозумілому для користувача виді відображає програма SSDLife.

Деякі виробники приводять загальний обсяг записаного на диск як один з показників терміну служби диску. Наприклад, Intel на диски X 25-M дає гарантію на загальний обсяг запису близько 37 Тбайт (20 Гбайт у день у плінні 5 років).

Варто відзначити, що Intel збирається випустити 500-ю серію твердотільних накопичувачів King Cres у третьому кварталі 2015, а в четвертому кварталі ще й 700-ю серію Taylorsville (100 ГБ, 200 ГБ, 400 ГБ, 800 ГБ), 300-ю серію накопичувачів Jay Crest і Oak Crest. Незважаючи на те, що SSD накопичувачі коштують значно дорожче HDD дисків, саме перехід на SSD є тенденцією 2023 року.

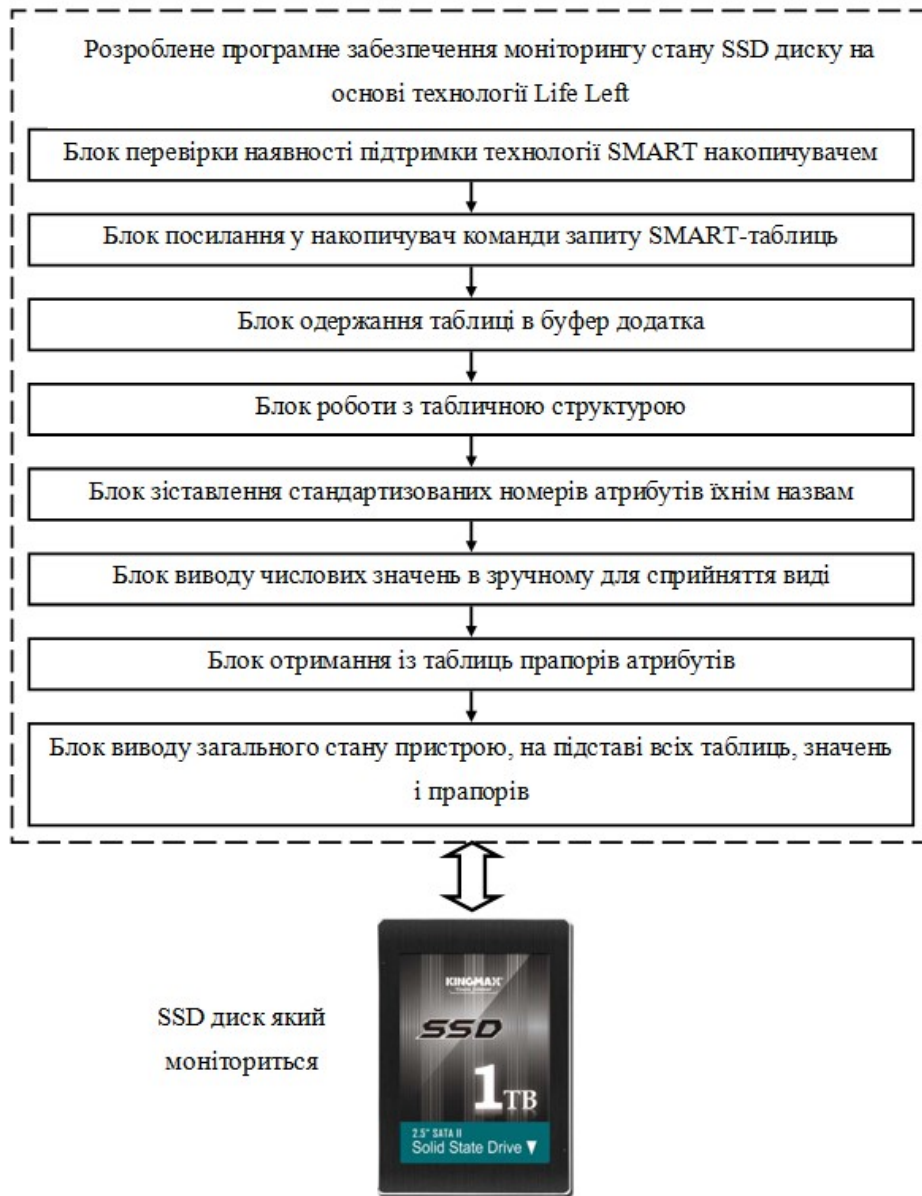


Рисунок 1 – Структурна схема системи

Зараз виробники жорстких дисків готуються прийняти до використання новий варіант технології S.M.A.R.T. – "1024 S.M.A.R.T.", характерною рисою якого буде помітно більший розмір журналів, повсюдне використання мультисекторних журналів, більше точні алгоритми аналізу показань убудованих у SSD диск сенсорів (термодатчики, сенсори ударів, і т.п.) і багато чого іншого. От кілька нових функцій:

- введення алгоритму аналізу температурного режиму SSD диску;
- введення обмеження по мінімальній і максимальній температурі в робочому стані;
- введення лічильника загальної кількості записаних секторів протягом життєвого циклу SSD диску;
- введення лічильника запусків внутрішніх алгоритмів відновлення (recovery counters).

Головним же плюсом можна вважати введення нових атрибутів, які дозволять контролювати стан і робочі характеристики по кожній з головок читання/запису:

- відносна стійкість (стабільність "польоту") головки;
- виправлення помилок читання (з "схованими" повторними спробами);
- автоматичний перерозподіл дефектних ділянок поверхні при операціях запису;

- лічильник-SSD диск G-List для обліку кількості прийнятих ударних навантажень;
- лічильник-SSD диск S-List для обліку загальної кількості "програмних" помилок.

На рисунку 1 зображена структурна схема розробленої системи моніторингу стану SSD диску на основі технології Life Left.

Структурна схема складається з наступних блоків:

- Блок перевірки наявності підтримки технології SMART SSD диском.
- Блок посилання у SSD диск команди запиту SMART-таблиць.
- Блок одержання таблиці в буфер додатка.
- Блок роботи з табличною структурою, що витягає з них номери атрибутів і їхні числові значення.
- Блок зіставлення стандартизованих номерів атрибутів їхнім назвам (іноді – залежно від типу, моделі або фірми-виробника HDD).
- Блок виводу числових значень в зручному для сприйняття виді.
- Блок отримання із таблиць прапорів атрибутів (ознаки, що характеризують призначення атрибута в рамках конкретної firmware SSD диску, наприклад, «життєво важливий» або «лічильник»).
- Блок виводу загального стану пристрою, на підставі всіх таблиць, значень і прапорів.

Висновки. У статті наведені теоретичне узагальнення й рішення наукового завдання дослідження методів моніторингу стану SSD диску на основі технології Life Left.

Рішення даного завдання полягало у вирішенні наступних задач: Був проведений огляд існуючих систем моніторингу стану SSD диску на основі технології Life Left; Досліджена система моніторингу стану SSD диску на основі технології Life Left; На основі отриманих результатів досліджень створена програмна реалізація системи моніторингу стану SSD диску на основі технології Life Left. Розроблені під час виконання випускної кваліфікаційної роботи за другим (магістерським) рівнем вищої освіти алгоритми дозволяють успішно вирішувати завдання моніторингу стану SSD диску на основі технології Life Left. Проведено аналіз предметної галузі в ході якого були виявлені об'єкти, взаємодія яких носить істотний характер для функціональної діяльності предметної галузі, і їхні основні характеристики; побудована алгоритм і вибраний середовище розробки.

Список літератури

1. Вінтенко Б.Ю., Смірнов О.А., Коваленко А.С., Смірнов С.А., Буравченко К.О. «Дослідження вимог міжнародних стандартів IEC60880 та IEC62138 з розробки програмного забезпечення інформаційно-керуючих систем АЕС, важливих для безпеки». Системи управління, навігації та зв'язку, 2023, вип. 3(73), С. 155-166.
2. Вінтенко, Б., Миронець, І., Смірнов, О., Кравчук, О., Козірова, Н., Савеленко, Г., Коваленко, А. «Дослідження вимог та аналіз кібербезпеки програмного забезпечення інформаційно-керуючих систем АЕС, важливих для безпеки». Кібербезпека: освіта, наука, техніка. 2024. №3(23), С. 111-131.
3. Вінтенко Б.Ю., Смірнов О.А., Коваленко О.В., Смірнов С.А., Коваленко А.С. «Дослідження нормативних документів та галузевих стандартів розробки програмного забезпечення комп'ютерних систем управління АЕС, важливих для безпеки». Системи управління, навігації та зв'язку, 2023, вип. 2(72), С. 170-178.
4. Аль-Мудхафар Акіл Абдулхусейн М., Смірнова Т.В., Буравченко К.О., Смірнов О.А. «Метод оцінки та підвищення користувальницького досвіду абонентів в програмно-конфігурованих мережах на основі використання машинного навчання». Сучасні інформаційні системи, 2023, том 7, № 2, С. 49-56.
5. Вінтенко Б.Ю., Смірнов О.А., Коваленко О.В., Смірнов С.А. «Дослідження нормативної документації та стандартів розробки програмного забезпечення комп'ютерних систем управління АЕС, важливих для безпеки». VI міжнародна науково-практична конференція "Інформаційна безпека та комп'ютерні технології", м. Кропивницький. 20-21 квітня 2023 р. – Кропивницький: ЦНТУ. – 2023. – С. 35-36.
6. Смірнов, О.А., Усік П.С., Полігенько О.О., Одарченко Р.С., Терещенко Л.Ю. «Інформаційна технологія та програмне забезпечення для підвищення ефективності планування підсистеми базових станцій стільникового зв'язку». Проблеми телекомунікацій. № 1(26). С. 83-96. 2020.
7. Смірнов О.А., Усік П.С., Миронець І.В., Буравченко К.О., Якименко Н.М. «Метод підвищення ефективності розподіленої обробки даних у комп'ютерних системах операторів стільникового зв'язку» Вісник Черкаського державного технологічного університету. Технічні науки. №4. С. 103-110. 2020.

8. О.А.Смірнов, Т.В.Смірнова, Л.І. Поліщук, К.О. Буравченко, А.О.Макевнін, «Дослідження хмарних технологій як сервісів», Кібербезпека: освіта, наука, техніка. № 3(7). С. 43-62. 2020.
9. Смірнов О.А., Дреєва Г.М., Дреєв О.М., Смірнова Т.В. «Фрактальний аналіз генератора самоподібного трафіку на основі ланцюга Маркова». Центральнотуркранський науковий вісник. Технічні науки. № 2(33). с. 161-172, 2019.
10. Smirnov, O., Kuznetsov, A., Kuznetsova, K. Synthesis of Discrete Signals with Improved Correlation Properties. Монографія: In.: ISCI'2019: Information Security in Critical Infrastructures. Collective monograph. Edited by Ivan D. Gorbenco and Alexandr A. Kuznetsov, ASC Academic Publishing, USA, 2019, pp. 281-299. – ISBN: 978-0-9989826-8-7 (Hardback), ISBN: 978-0-9989826-9-4 (Ebook).
11. Смірнова Т.В., Солових Є.К., Смірнов О.А., Дреєв О.М. Побудова хмарних інформаційних технологій оптимізації технологічного процесу відновлення та зміцнення поверхонь деталей. Центральнотуркранський науковий вісник. Технічні науки. № 1(32). с. 184-194, 2019.
12. Смірнов О.А., Котелянець В.В. Стійкі до колізій стохастичні моделі функціонування безпроводових сенсорних мереж. Вісник інженерної академії України, №3, с. 145-152, 2018
13. O. Smirnov, O. Kovalenko, A. Kovalenko, S. Smirnov, V. Vialkova. The mathematical model of the testing technology for Dom Xss vulnerabilities. Scientific & practical cyber security journal (SPCSJ) Vol 2 Issue 1, 22-28 pp. [Електронний Журнал]. Georgia. Tbilisi: SCSA – 2018.
14. Oleksii Smirnov, Oleksandr Kovalenko, Jamil Al-Azzeh, Anna Kovalenko, Serhii Smirnov. Qualitative risk analysis of software development. Asian Journal of Information Technology. – Volume 17(3). – Medwell Journals. – 2018. – P. 218-230.
15. Смірнов О.А., Коваленко О.В., Коваленко А.С., Смірнов С.А. Розробка методу передтестової компіляції й розподілу доступу. Збірник наукових праць ІІ міжнародної науково-практичної конференції «Інформаційна безпека та комп'ютерні технології», м. Кропивницький. 19-20 квітня 2018р. – Кропивницький: ЦНТУ. – 2018. – С. 214-215
16. Smirnov Oleksii, Kovalenko Oleksandr, Kovalenko Anna, Smirnov Serhii. Method of testing the dom xss vulnerability. International Conference «information technologies, systems and networks ITSН-2017». Chisinau, Republic of Moldova. 17 – 18 October 2017. – Chisinau: Academy of Sciences of Moldova, Military Academy of Armed Forces «Alexandru cel Bun». 2017. P7.
17. Смірнов О.А., Смірнов С.А., Коваленко О.В., Коваленко А.С. Технологія тестування DOM XSS уразливості. Науково-практичний журнал кібербезпеки (SPCSJ) № 1. [Електронний журнал]. Грузія. Тбілісі: SCSA - 2017.
18. Смірнов О.А., Лисенко І.А. Інформаційна технологія проектування тестових наборів з урахуванням вимог до програмного забезпечення. Системи управління, навігації та зв'язку. – Випуск 4 (44). - Полтава: ПолтНТУ. - 2017. - С. 112-115.
19. Смірнов О.А., Смірнов С.А., Рябой Д.К., Рябая О.В. Модель вузла комутації з відносними пріоритетами, резервуванням ресурсів і обліком реальної надійності обслуговуючих приладів. Збірник тез всеукраїнської науково-практичної інтернет-конференції «Автоматика та комп'ютерно-інтегровані технології у промисловості, телекомунікаціях, енергетиці та транспорті». м. Кропивницький. 16-17 листопада 2017 р. – Кропивницький: ЦНТУ. – 2017. – С. 198-199.
20. Смірнов О.А., Коваленко О.В. Використання псевдобулевих методів бівалентного програмування для управління ризиками розробки програмного забезпечення. Системи управління, навігації та зв'язку. – Випуск 1 (37). - Полтава: ПолтНТУ. - 2016. - С. 98-103.
21. Смірнов О.А., Лисенко І.А. Формалізація процесу проектування тестових наборів. Збірник наукових праць Харківського університету Повітряних Сил. Випуск 3 (48). - Харків: ХУПС. - 2016. - С.96-100.
22. Смірнов О.А., Лисенко І.А. Удосконалення методу перевірки коректності таблиць рішень для подання тестових наборів. Збірник наукових праць "Системи обробки інформації". - Випуск 8 (145). - Х.: ХУПС - 2016. - С. 77-80.