

# Comparison of EXT4 and NTFS filesystem performance

## Porównanie wydajności systemu plików EXT4 i NTFS

Bartosz Piotr Sterniczuk

*Department of Computer Science, Lublin University of Technology, Nadbystrzycka 36B, 20-618 Lublin, Poland*

### Abstract

The aim of this article is to compare the two most popular and competing file systems – EXT4 and NTFS in Ubuntu with the use of SSD disk. At the beginning of this article, a critical description of the literature was made, explaining the purposefulness of the research undertaken. Additionally, the basics of the operation of both discussed file systems are explained. The research consisted of copying files between two partitions and measuring the time of this operation using a specially developed system shell script in the bash language. The conducted research has shown that the EXT4 system is more effective than the NTFS system.

*Keywords:* EXT4; NTFS; performance file system; file system

### Streszczenie

Celem artykułu jest porównanie dwóch najbardziej popularnych i konkurencyjnych systemów plików – EXT4 oraz NTFS w systemie Ubuntu przy wykorzystaniu dysku SSD. Na początku artykułu został wykonany krytyczny opis literatury wyjaśniający celowość podjętych badań. Dodatkowo wyjaśniono podstawy działania obu omawianych systemów plików. Badanie polegało na kopiowaniu plików pomiędzy dwoma partycjami i mierzeniem czasu wykonywania tej czynności przy użyciu specjalnie opracowanego skryptu powłoki systemu w języku bash. Przeprowadzone badania wykazały lepszą efektywność systemu EXT4 nad system NTFS.

*Słowa kluczowe:* EXT4; NTFS; porównanie system plików; system plików

*Email address:* [bartek114@autograf.pl](mailto:bartek114@autograf.pl)

©Published under Creative Common License (CC BY-SA v4.0)

## 1. Wstęp

Systemy plików odgrywają znaczącą rolę w działaniu systemu operacyjnych, są one jednym z podstawowych składników mającym wpływ na jego działanie. Na przestrzeni lat powstawało ich bardzo dużo. Jednym z nich jest MINIX, na podstawie którego został zbudowany EXT (rozszerzony system plików) ewoluujący do wersji EXT4 (ang. Fourth Extended File System), który jest domyślnym systemem plików dla systemów operacyjnych typu Linux. Jego konkurencją jest NTFS (ang. New Technology File System), który został wyprodukowaną przez firmę Microsoft i jest on domyślnie używany w systemie z rodziny Windows.

Obecnie w literaturze możemy znaleźć wiele artykułów dotyczących badania różnic pomiędzy poszczególnymi systemami plików. Jednym z nich jest „Porównanie możliwości i cech współczesnych Linuxowych systemów plików: ext4, XFS, Btrfs” [1]. W przedstawionym artykule, autorzy porównują systemy plików należące do systemu z rodziny Linux. Wynikiem badań było znalezienie najbardziej wydajnego, którym według autorów został BTRFS. Należy zwrócić uwagę na datę powstania artykułu – 2017r. oraz na podzespoły których użyto do wykonania eksperymentów. W czasie wykonywania badania użyto dysku HDD, który był popularny w tamtym okresie. Z uwagi na obecny postęp technologii, zostały one wyparte przez dyski SSD (ang. Solid State Drive), które nie zawierają części ruchomych, dzięki czemu znacznie przyspieszają proces zapisu i odczytu danych.

Autorzy artykułu „Comparing NTFS File System with ETX4 File System” [2] porównali dwa systemy

plików NTFS i EXT4 również przy wykorzystaniu dysku HDD. Badania dotyczące szybkości oparli na testowaniu wydajności w odrębnych środowiskach operacyjnych. Podczas analizy uwzględnili szybkość zapisu i odczytu danych NTFS w systemie Windows 7, natomiast EXT4 w systemie Linux.

Celem niniejszej pracy jest porównanie dwóch systemów plików NTFS i EXT4 przy wykorzystaniu nowoczesnego dysku SSD w systemie operacyjnym Ubuntu. Postawiono hipotezę badawczą: **System plików EXT4 jest bardziej wydajny niż system plików NTFS.**

## 2. System plików

System plików jest sposobem organizacji i przechowywania danych. Dzięki niemu system operacyjny jest w stanie szybko znaleźć położenie pliku, odczytać jego zawartość, a także łatwo określić ilość dostępnego miejsca na danej partycji/dysku. Dane zazwyczaj są przechowywane w postaci bloków, które po połączeniu tworzą klastry. Jako przykład można podać analogię do porządkowania zbiorów danych np. w bibliotekach. Książki posiadają swoje karty które wskazują gdzie faktycznie się one znajdują. Podobnie działają niektóre systemy plików wykorzystując część miejsca do opisu metadanych natomiast resztę przeznaczają na przechowywanie surowych danych. Należy również wspomnieć o jednej z ważniejszych cech, a mianowicie o przechowywaniu uprawnień do zasobów. Dzięki temu jesteśmy w stanie nakładać pewne ograniczenia na dane, co stanowi ich dodatkową ochronę. Do najważniejszych elementów składowych systemu plików należą:

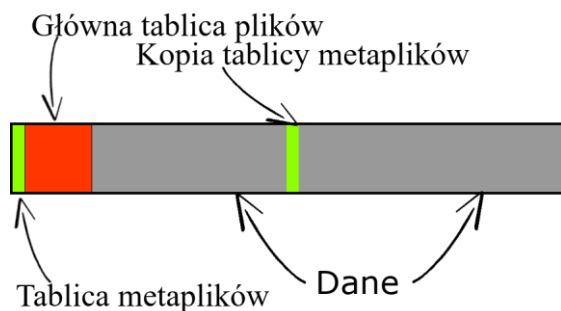
- bezpieczeństwo – mechanizm pozwalający na dostęp do danych wybranym użytkownikom,
- API – funkcje systemowe pozwalające na podstawowe operacje na plikach,
- przestrzeń nazw – sposób nazewnictwa oraz organizacja plików,
- implementacja – wiązanie modelu logicznego z modelem fizycznym [3].

### 3. System plików NTFS

NTFS (ang. New Technology File System) jest domyślnym systemem plików używanym w systemach z rodziny Windows. Został on zaprojektowany w celu zastąpienia systemu FAT, którego głównym ograniczeniem był maksymalny rozmiar plików – 4GB. NTFS nie ma odgórnego limitu pojedynczego rozmiaru pliku. Jedynym ograniczeniem jest całkowita pojemność wolumenu, która wynosi:  $2^{64}$ B, co w obecnych czasach jest ciężkie do osiągnięcia przez aktualnie produkowane dyski twarde. Jego implementacja składa się z czterech głównych elementów:

- sektor rozruchowy (ang. volume boot sector),
- blok metaplików (ang. metadata files),
- główna tablica plików (ang. master file table),
- dane.

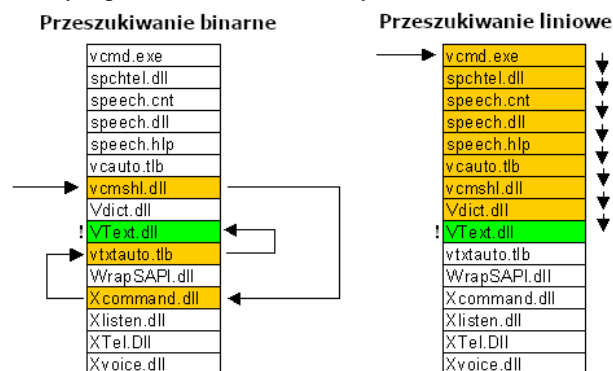
Sektor rozruchowy jest pierwszym blokiem występującym w utworzonej partycji. Składa się z dwóch elementów – BIOS Parameter Block oraz Volume Boot Code. Pierwszy z nich jest odpowiedzialny za przetrzymywanie informacji o partycji oraz jej rozmiarach, drugi natomiast przetrzymuje informacje potrzebne do załadowania systemu operacyjnego. W elemencie blok metaplików znajdują się metapliki. Są one oznaczone przy pomocy „\$”, dostęp do nich jest utrudniony. Ten obszar zawiera dokładnie 16 elementów i jest odpowiedzialny za wykonywanie pewnych operacji dyskowych. W celu zapewnienia poprawności działania w razie uszkodzenia, jego kopia znajduje się zazwyczaj po środku dysku. Na Rysunku 1 zostały przedstawione omawiane elementy.



Rysunek 1: Podział partycji NTFS.

Główna tablica plików jest to plik podzielony na rekordy o stałym rozmiarze, zazwyczaj około 1kB. Jego głównym celem jest przechowywanie informacji o pliku, takich jak: nazwa, rozmiar, parametry dostępu a także wskaźnik do fizycznego położenia pliku. Należy podkreślić, iż katalogi są również przetrzymywane w omawianym elemencie. Są one podzielone na bloki, które zawierają referencję do pliku oraz jego podsta-

wowe elementy. Ich implementacja jest wykonana przy wykorzystywaniu drzewa binarnego, dzięki czemu można zastosować metodę bisekcji do wyszukiwania plików znajdujących się w poszczególnych folderach. Odszukanie pliku zajmuje znacznie mniej czasu niż w przypadku innych organizacji plików gdzie wyszukiwanie jest zaprogramowane liniowo. Omawiane przeszukiwanie zostało przedstawione na Rysunku 2. Należy dodać, iż system posiada dziennik zdarzeń, dzięki któremu jesteśmy w stanie kontrolować przerwane operacje. W przypadku wystąpienia awarii następuje przeglądanie dziennika, uszkodzona operacja jest odnajdywana, po czym następuje próba jej naprawienia. W przypadku braku zapisu logów, użytkownik jest obciążony długotrwałym procesem skanowania dysku [4].



Rysunek 2: Porównanie przeszukiwania binarnego z liniowym [5].

### 4. System plików EXT4

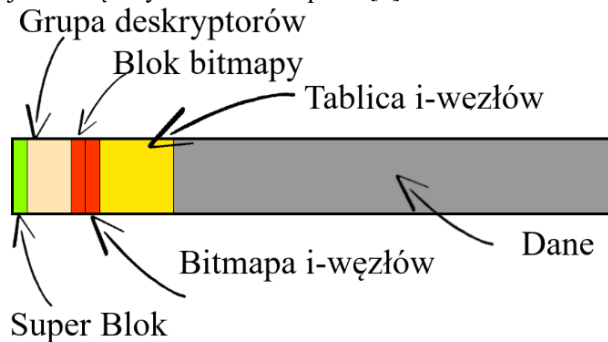
EXT4 (ang. Extended Filesystem) jest domyślnym systemem plików dla systemów z rodziny Linux. Stał się on następcą wcześniejszych wersji, które wywodzą się pierwotnie od systemu MINIX. Ponieważ bloki są numerowane przy pomocy 32 bitów, a każdy z nich jest 4 bitowy, to maksymalny rozmiar pliku może wynosić 16TB ( $2^{32} \cdot 4$ ). Maksymalna wielkość partycji, może wynosić 1EB i jest ona ograniczona przez 48 bitowy znacznik bloku. Podobnie jak w przypadku NTFS, omawiany system składa się z następujących elementów:

- super blok,
- grupa deskryptorów,
- blok bitmapy,
- bitmapa i-węzłów,
- tablica i-węzłów,
- blok danych.

Na Rysunku 2 został przedstawiony schemat rozmieszczenia wymienionych elementów. Super blok jest elementem przechowującym informację o systemie plików, liczbie bloków i liczności węzłów. Jego zadaniem jest połączenie całej struktury bloków w jedną całość. W blokach bitmapy i i-węzłów są przechowywane informacje na temat zajętości bloków, które są w użyciu.

Tablica i-węzłów, jest odpowiednikiem bloku MFT występującym w systemie NTFS. Jej głównym zadaniem jest przetrzymywanie metadanych plików takich jak: typ pliku, identyfikator użytkownika, grupy oraz

czasów modyfikacji, utworzenia, itp. Najważniejszym elementem tablicy, jest przechowywanie wskaźników do numerów bloków, w których znajdują się dane. W przypadku dużego rozmiaru pliku, autorzy zaimplementowali możliwość używania wskaźników pojedynczych i potrójnych, które są nazwane wskaźnikami pośrednimi. Omawiany mechanizm polega na wskazaniu adresu następnego wskaźnika, który zawiera w sobie wskaźniki umożliwiające dostęp do kolejnych bloków danych. Dzięki takiemu mechanizmowi jesteśmy w stanie zaalokować większą ilość bloków, co związane jest z większym rozmiarem pliku [6].



Rysunek 2: Podział partycji Ext4.

## 5. Metodyka badawcza

W celu przeanalizowania wydajności obu omawianych systemów plików, wykonywano kopiowanie plików pomiędzy dwoma partycjami. Badania zostały wykonane na laptopie Lenovo IdeaPad 330-15ARR (81D200DFPB), który składa się z parametrów przedstawionych w Tabeli 1.

Tabela 1: Podzespoły zamontowane w urządzeniu, na którym zostało wykonane badanie

Podzespół	Opis
Procesor	AMD Ryzen 5 2500U 2,0GHz
Pamięć RAM	8GB, DDR4, 2133MHz
Dysk SSD	ATA Micron MTFD- DAK256TBN <b>Pojemność:</b> 250GB <b>Szybkość odczytu:</b> 530 MB/s, <b>Szybkość zapisu:</b> 500 MB/s
System operacyjny	Ubuntu 20.04 LTS

Każda z utworzonych partycji była sformatowana przy użyciu innego systemu plików – NTFS lub EXT4, dzięki czemu można było mierzyć czasy kopiowania. Do tego celu został napisany skrypt przy użyciu języka programowania powłoki bash, przedstawiony na Listingu 1. Po jego uruchomieniu, użytkownik otrzymuje dwa pytania, pierwsze z zapytaniem dotyczącym ilości kopiowanych plików, drugie dotyczące ich rozmiaru. W celu prawidłowego działania skryptu należy utworzyć dwa foldery: source oraz destination w katalogu domowym użytkownika, a później zamontować do nich wcześniej utworzone i odpowiednie sformatowane party-

cje. Skrypt automatycznie utworzy zadaną ilość plików, wykona kopiowania z pomiarem czasu, natomiast na samym końcu zajmie się usuwaniem wcześniej utworzonych plików. Po wykonaniu zadania zostaną wyświetlone wartości trzech czasów:

- real – rzeczywisty czas działania całego procesu,
- user – określa czas poświęcony przez procesor na wykonanie żądanego procesu,
- system – upływ czasu przeznaczony na komunikację z jądrem systemu operacyjnego.

Do celów badania pod uwagę wzięto czas user oraz sys. Jako wynik końcowy podana została suma wyżej wymienionych czasów.

Listing 1: Skrypt języka bash wykonujący kopiowanie plików, wraz z pomiarem czasu

```
#!/bin/bash
echo "How much file do you want to create?"
read amount
echo "How much file size do you want to create? (data
in MB)"
read size
source=/home/ubuntu/source/directory
mkdir $source
destination=/home/ubuntu/destination/directory
for i in $(seq 1 $amount); do
dd if=/dev/zero of=$source/file.data_$i bs=1M
&>/dev/null count=$size
done
time cp -rf $source $destination
rm -rf $source
rm -rf $destination
```

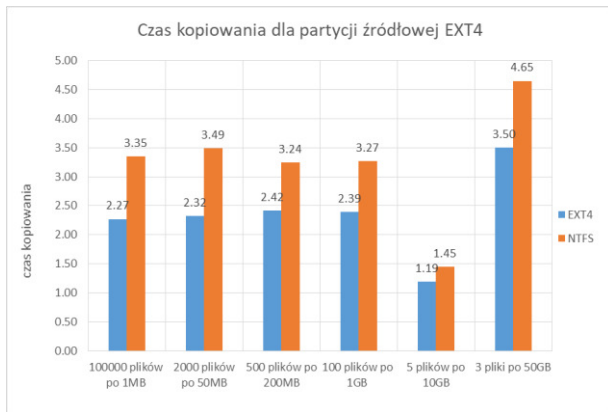
Badanie zostało wykonane kilkakrotnie dla różnych konfiguracji. Zmianie ulegał rozmiar i ilości kopiowanych plików. Dokładne dane poszczególnych przypadków badania były następujące:

1. 100000 plików po 1 MB każdy,
2. 2000 plików po 50MB każdy,
3. 500 plików po 200 MB każdy,
4. 100 plików po 1 GB każdy,
5. 5 plików po 10 GB każdy,
6. 3 pliki po 50 GB każdy.

Każdy typ badania został wykonany dwukrotnie. Jako wynik przyjęto średnią z tych dwóch prób. W celu wyeliminowania przekłamań związanych z kopiowaniem pomiędzy partycjami tego samego systemu plików wykonano dwa warianty badania. W pierwszym wariantcie partycją źródłową był NTFS, natomiast drugim EXT4. W celu umożliwienia wykonywania operacji na partycji w formacie NTFS w systemie Ubuntu użyto domyślnego sterownika ntfs-3g.

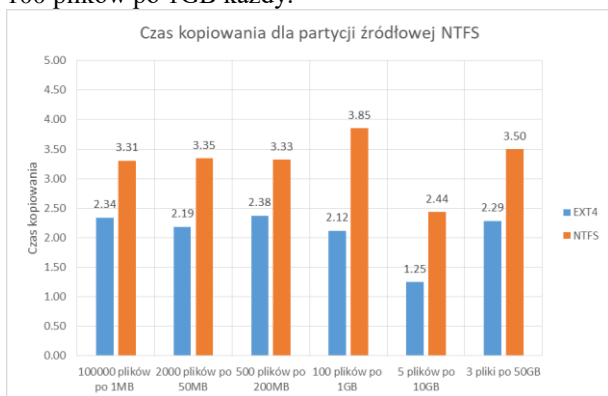
## 6. Wyniki badań

Na Rysunku 3 zostały przedstawione czasy kopiowania plików z partycji źródłowej EXT4 na oddzielne partycje – NTFS oraz EXT4. Dla każdej z sześciu prób system plików EXT4 okazał się lepszy, uzyskując szybszy czas kopiowania. Najmniejsza różnica czasu była zauważalna dla piątej próby, przy kopiowaniu 5 plików po 10GB.



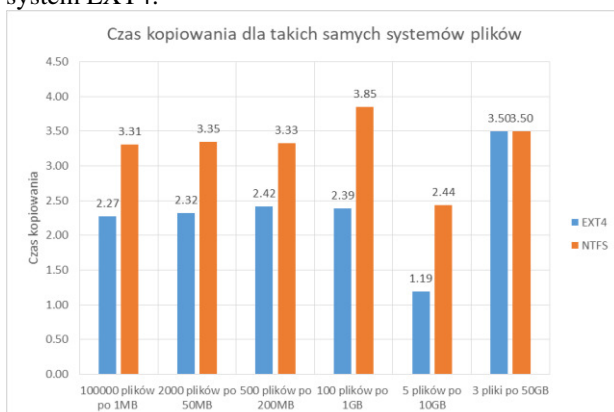
Rysunek 3: Czas kopiowania plików z partycji źródłowej EXT4.

Rysunek 4 przedstawia czasy kopiowania plików z partycji źródłowej NTFS na partycje z systemami plików: NTFS oraz EXT4. Tu również szybszy okazał się system EXT4. Największą różnicę udało się uzyskać podczas wykonywania czwartej próby, w przypadku 100 plików po 1GB każdy.



Rysunek 4: Czas kopiowania plików z partycji źródłowej NTFS.

W celu lepszego zobrazowania i uniknięcia przekłamań związanych z przenoszeniem danych pomiędzy partycjami o różnych systemach plików, na Rysunku 5 został pokazany wykres, w którym zestawiono przypadki kopiowania plików na takie same systemy plików. Na podstawie przedstawionego wykresu można zobaczyć, iż również w tym przypadku zwyciężcą został system EXT4.



Rysunek 5: Zestawienie czasów kopiowania dla przenoszenia danych pomiędzy takimi samymi systemami plików.

Jedynym przypadkiem posiadającym taki sam czas kopiowania jest przypadek szósty, w którym wykonywano kopiowanie 3 plików po 50GB każdy. Pomimo tego wyjątku wszystkie pozostałe badania wykazują znaczącą przewagę dla EXT4. Największa przewaga została uzyskana podczas wykonywania badania kopiowania 100 plików po 1 GB każdy.

## 7. Podsumowanie

Na podstawie przeprowadzonych badań stwierdzamy, że system plików EXT4 wykazał się większą szybkością kopiowanych plików. Nawet pomimo kopiowania na inny system plików (Rysunek 4) osiągnął lepszy czas, niż konkurencyjny system firmy Microsoft. Przeprowadzone badania dowodzą postawionej we Wstępie tezy. Należy również podkreślić, iż celem badania było przeprowadzanie doświadczeń w jednym systemie operacyjnym - Ubuntu, zatem trzeba być świadomym, iż system NTFS mógłby uzyskać lepsze wyniki podczas wykonywania testów w systemie z rodziny Windows. Różny schemat uprawnień, dostępów, a także sposób przechowywania danych, utrudnia działanie w przypadku zmiany systemu operacyjnego. Zatem nie należy pochopnie zmieniać systemu plików, tylko ze względu na lepsze wyniki prędkości.

Porównując otrzymane rezultaty do badań przedstawionych we Wstępie [1,2], można stwierdzić, iż wykonanie ich na dysku SSD znacząco zmniejszyło czasy kopiowania. Dodatkowo należy zwrócić uwagę, iż system EXT4 jest szybszy zarówno podczas korzystania z dysku SSD jak i HDD. Dzięki takiemu porównaniu możemy powiedzieć, iż implementacja zwycięskiego systemu jest wykonana lepiej, gdyż osiąga lepsze wyniki niezależnie od platformy testowej. Bezpłatny dostęp do implementacji EXT4, a także możliwość nieograniczonej edycji przez społeczność użytkowników spowodowały, iż rozwiązanie w postaci darmowego systemu plików może konkurować z komercyjnymi rozwiązaniami.

## Literatura

- [1] B. Kossak, M. Pańczyk, Porównanie możliwości i cech współczesnych Linuxowych systemów plików: ext4, XFS, Btrfs, Journal of Computer Sciences Institute 4 (2017) 131-136.
- [2] V. Dhjaku, N. Xoxa, A. Bame, I. Tafa, Comparing NTFS File System with EXT4 File System, In RTA-CSIT (2018) 176-180.
- [3] E. Nemeth, G. Snyder, T. R. Hein, B. Whaley, D. Mackin, UNIX and Linux System Administration Handbook (5th Edition), Pearson Education, 2018.
- [4] Dokumentacja NTFS napisana przez Richarda Russona i Yuvala Fledela, <https://dubeyko.com/development/FileSystems/NTFS/ntfsdoc.pdf>, [11.06.2022].
- [5] Strona internetowa poświęcona wykładom z przedmiotu Systemy Operacyjne, <https://students.mimuw.edu.pl/SO/Projekt02-03/temat2-g1/ntfs.htm>, [11.06.2022].
- [6] Strona internetowa poświęcona systemowi Ext4, [https://ext4.wiki.kernel.org/index.php/Main\\_Page](https://ext4.wiki.kernel.org/index.php/Main_Page), [11.06.2022].