

אוניברסיטת חיפה

החוג למדעי המחשב
מערכות הפעלה – תרגול

תרגול מס' 6

Unix File System

1 הקדמה

לכל מערכת הפעלה קיימות שיטות לארגון קבצים על אמצעי האחסנה (דיסק).
ב-Unix כל דיסק מהווה מערכת קבצים נפרדת ועצמאית ללא קשר לדיסקים האחרים הקיימים במערכת המחשב. הדיסק עליו נמצאים הקבצים מחולק ליחידות לוגיות שוות הנקראות "בלוקים" כאשר הקריאה והכתיבה לדיסק נעשית ביחידות של בלוק. הגדרת גודל הבלוק בבתים נקבעת ע"י מערכת ההפעלה.

קיימים מספר סוגי קבצים במערכת:

➤ קבצי משתמשים

➤ מדריכים (מחיצות)

➤ Link

➤ קבצים מיוחדים

ב-Unix מיוחס לכל קובץ מבנה נתונים בשם *Inode* אשר מתאר את הקובץ ובעזרתו ניתן לבצע פעולות שונות על הקובץ.

2 מבנה מערכת הקבצים על הדיסק

	
--	--	-----	-----

Boot Block Super Block Inode Array Data Blocks

➤ **Boot Block** מכיל את ה-code לאתחול מערכת ההפעלה. יכול להיות ריק במידה ומערכת

ההפעלה עולה ממערכת קבצים (דיסק) אחרת.

➤ **Super Block** תיאור מערכת הקבצים על הדיסק.

➤ **Inode Array** הינו מערך סטטי של Inodes המתארים את הקבצים השונים על הדיסק.

➤ **Data Blocks** הם בלוקים המכילים את המידע של הקבצים במערכת הקבצים.

אוניברסיטת חיפה

החוג למדעי המחשב
מערכות הפעלה – תרגול

Inodes 3

- כל Inode מתאר קובץ על הדיסק. כמו כן קיימים Inodes חופשיים אשר ניתן להקצותם עבור קובץ חדש שברצוננו להכניס לדיסק.
- במקום קבוע בדיסק נמצא מערך סטטי של Inodes.
- Inode מזוהה חד-חד ערכית ע"י מספרו במערך ה-Inodes.
- מספרם של ה-Inodes על הדיסק קבוע מראש ולא ניתן להוסיף Inodes לדיסק.

3.1 כל Inode מכיל:

- לאיזה משתמש ולאילו קבוצה (Owner, Group) שייך הקובץ.
- סוג הקובץ - רגיל, מדריך, Link, מיוחד (הערך 0 מצוין שה-Inode חופשי).
- הרשאות גישה לקובץ (לדוגמא --xr-xrwx) לבעל הקובץ, קבוצה ולשאר.
- זמנים - זמן שינוי אחרון, זמן גישה אחרון, זמן שינוי Inode.
- מספר המופעים של קובץ זה במדריכים השונים (Link).
- מיקום הקובץ על הדיסק (רשימת הבלוקים השייכים לקובץ).
- גודל הקובץ (בבתים).

שימו לב: ה-Inode אינו מכיל את שם הקובץ.

3.2 דוגמא:

```
Owner: IAm
Group: OsGroup
Type: Regular
Permission: rw-r—r--
Accessed: Nov 21 1999 23:59
Modified: Oct 10 1999 22:00
Inode Modified: Nov 15 1999 23:01
Size: 6030 Bytes
Links: 1
Disk Addresses: Block 1946, Block 2020, Block 600, ...
```

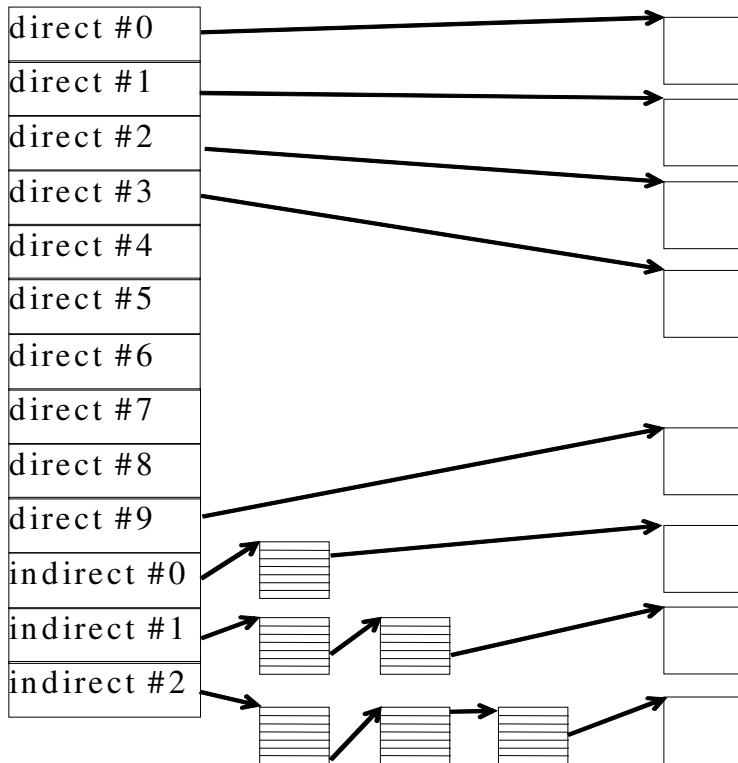
תאריך שינוי Inode מתעדכן בעת שינוי אחד משדות ה-Inode למעט השדה Accessed.

אוניברסיטת חיפה

החוג למדעי המחשב
מערכות הפעלה – תרגול

4 מיקום הקובץ על הדיסק

קובץ מורכב מאחד או יותר בלוקים של מידע על הדיסק.
כדי לאפשר גמישות בנוגע לשינוי גודלו של הקובץ Unix מתייחסת לכל בלוק של הקובץ כיחידה עצמאית ואין דרישה שבלוקים מאותו קובץ ימוקמו האחד ליד השני בדיסק.
ה- Inode מכיל רשימה של הבלוקים השייכים לקובץ - טבלה בת 13 כניסות כאשר כל כניסה מכילה מספר בלוק על הדיסק.
מכיוון שגודלו של קובץ יכול להיות גדול בהרבה מ-13 בלוקים מכילה הטבלה את הנתונים הבאים:
¹10 הכניסות הראשונות מצביעות על עשרת הבלוקים הראשונים של הקובץ.
כניסה מספר 11 מצביעה לבלוק אשר מכיל טבלת הצבעות לבלוקים של הקובץ (הצבעה מדרגה ראשונה).
כניסה מספר 12 מצביעה לבלוק אשר מכיל טבלת הצבעות לבלוקים אשר מכילים טבלאות הצבעה מדרגה ראשונה (הצבעה מדרגה שניה).
כניסה מספר 13 מהווה הצבעה מדרגה שלישית.
כל טבלת הצבעות מכילה 256 כניסות.²



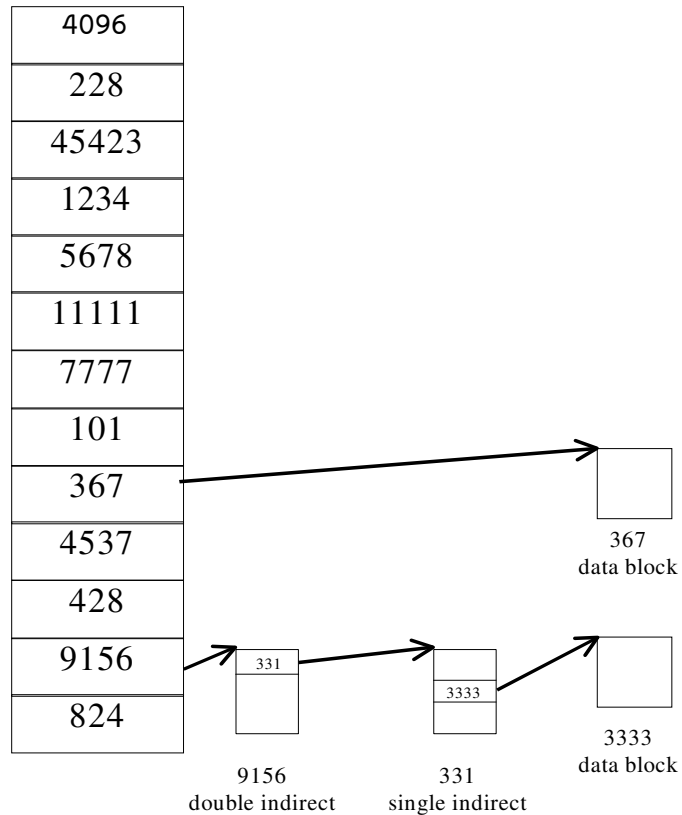
¹ בחלק מהמימושים מספר השורות מסוג זה 12 וסה"כ 15 כניסות.
² הגודל המקסימלי עבור קובץ הוא $block_size * (10 + 256 + 256^2 + 256^3)$. למשל עבור גודל בלוק של 1048 בתים גודל קובץ מקסימלי הוא 16×10^9 בתים.

אוניברסיטת חיפה

החוג למדעי המחשב
מערכות הפעלה – תרגול

פניה למקום מסוים בקובץ מתורגמת לבלוקים ע"י מערכת ההפעלה, והבלוק המתאים נקרא מהדיסק.

4.1 דוגמא למיפוי קובץ על ידי Inode:



- בלוק 3333 הוא בלוק המכיל מידע.
- בלוק 331 מכיל רשימת בלוקים.
- בלוק 9156 מכיל רשימת בלוקים המכילים רשימת בלוקים.

5 מדריכים

מדריך הוא קובץ אשר מכיל כניסות עבור כל הקבצים הנמצאים במחיצה (Directory) אותה הוא מתאר. כל כניסה מכילה:

- שם קובץ.
- מספר ה-Inode של קובץ זה.
- משמעות ההרשאות עבור קבצי מדריך:
- הרשאת כתיבה – הוספת כניסות חדשות במדריך או הסרת כניסות קיימות.
- הרשאת קריאה – קריאת תוכן המדריך (קריאת הכניסות בקובץ המדריך).

אוניברסיטת חיפה

החוג למדעי המחשב
מערכות הפעלה – תרגול

➤ הרשאת ביצוע – הרשאת חיפוש בקובץ המדריך.

<i>Byte Offset in Directory</i>	<i>Inode Number (2 bytes)</i>	<i>File Names</i>
0	83	.
16	2	..
32	1798	Init
48	1276	Fsck
64	85	Clri
80	1268	Motd
96	1799	Mount
112	88	Mknod
128	2114	Passwd
144	1717	Umount
60	1851	checklist

שימו לב שמדריך מכיל גם הצבעה ל-Inode של עצמו ". " וגם Inode של המדריך שמעליו "...".

5.1 אלגוריתם למציאת Inode של קובץ

קלט: שם קובץ

פלט: Inode: נעול (נעול מכיוון שאנו מבצעים עליו פעולה).

1. אם שם הקובץ מתחיל מהשורש של מערכת הקבצים "Inode שורש" ← "Inode זמני" אחרת

"Inode מדריך נוכחי" ← "Inode זמני"

2. כל עוד לא פוענחו את כל חלקי השם:

3. בדוק האם יש הרשאה לגישה ל-"Inode זמני".

4. אם חלק השם הנוכחי מופיע במדריך המתואר ע"י "Inode זמני":

a. הצב לתוך "Inode זמני" את ה-Inode השייך לשם במדריך הנוכחי.

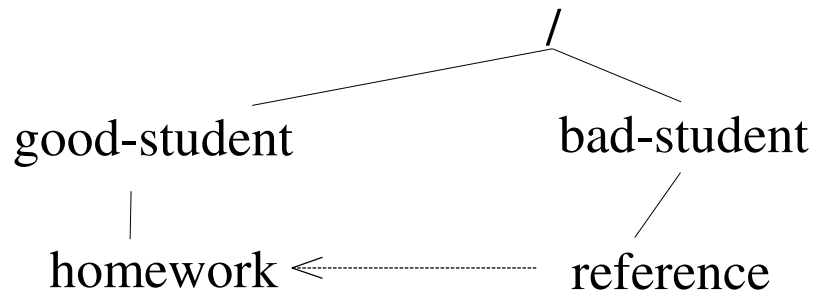
b. אחרת החזר שגיאה.

5. החזר את "Inode זמני".

אוניברסיטת חיפה

החוג למדעי המחשב
מערכות הפעלה – תרגול

Link 5.2



כל משתמש יכול ליצור hard links לקבצים רגילים. לגבי מחיצות, הפקודה ניתנת לשימוש אך ורק בידי ה-Super User.

ע"י פקודת link ניתן להתייחס לקובץ ממספר מקומות שונים בעץ המדריכים. מבנה פקודת ה-link:

<שם חדש> <שם קיים> link

הפקודה יוצרת שם חדש במחיצה המתאימה עם הצבעה ל-Inode של הקובץ הקיים ומעלה באחד את מספר המופעים של הקובץ במדריכים השונים.

ניתן גם לעשות unlink או rm לקובץ ואז מחסירים אחד ממספר המופעים של הקובץ וכאשר מספר זה שווה ל-0, נמחק הקובץ מהדיסק.

6 ניהול הדיסק

6.1 Super Block

בלוק המכיל תיאור של מערכת הקבצים על הדיסק. הבלוק נמצא במקום קבוע על הדיסק ומכיל:

- גודל מערכת הקבצים (גודל הדיסק)
 - מספר הבלוקים הפנויים על הדיסק
 - רשימה של (מערכי) בלוקים פנויים
 - מצביע לבלוק הפנוי הבא במערך הבלוקים הפנויים
 - גודל מערך ה-Inodes על הדיסק (המספר המקסימלי האפשרי של Inodes)
 - מספר ה-Inodes הפנויים ורשימה שלהם
 - מצביע על Inode לתחילת חיפוש Inodes פנויים במערך ה-Inodes בדיסק.
- שני השדות הבאים נמצאים בעותק של ה-Super Block הנמצא בזיכרון ואינם מופיעים על הדיסק:
- שדה לנעילת ה-Super Block בעת עדכון אחת מרשימות הפנויים.
 - דגל המציין שה-Super Block שונה.

אוניברסיטת חיפה

החוג למדעי המחשב
מערכות הפעלה – תרגול

קיימת גם רשימה של בלוקים פנויים בדיסק. שתי הרשימות משמשות כ- caches להאצת הקצאת Inodes והקצאת בלוקים.

6.2 הקצאת Inode לקובץ חדש

קלט: דיסק

פלט: Inode נעול

1. אם ה-Super Block נעול, המתן עד לסיום הפעולה הנוכחית.
2. אם מערך ה-Inodes הפנויים ב-Super Block ריק:
3. נעל ה-Super Block כדי שאף תהליך אחר לא ישנה אותו.
4. חפש Inodes פנויים בדיסק (התחל חיפוש מה-Inode המצוין כתחילת החיפוש).
5. כל Inode פנוי הכנס לרשימה ב-Super Block עד למילוי המערך.
6. קבע את נקודת תחילת החיפוש (הבא) כמספר ה-Inode הפנוי הגבוה ביותר שמצאת³.
7. שחרר נעילת Super Block.
8. אם רשימת ה-Inodes הפנויים ריקה החזר שגיאה.
9. הקצה Inode מתוך הרשימה.
10. הקצה Inode בזיכרון המחשב (ע"פ מספר ה-Inode בדיסק), אתחל אותו וכתוב אותו לדיסק.
11. הורד ב-1 את מונה מספר ה-Inodes הפנויים בדיסק.
12. החזר Inode.

6.3 שחרור Inode לאחר מחיקת קובץ

קלט: מספר Inode לשחרור

1. הוסף 1 למונה מספר ה-Inodes הפנויים בדיסק.
2. אם ה-Super Block נעול, חזור.
3. אם יש מקום ברשימת ה-Inodes הפנויים ב-Super Block, הוסף את מספר ה-Inode לסוף הרשימה.
4. אחרת במידה ומספר ה-Inode קטן מנקודת התחלת החיפוש, ציין שיש להתחיל חיפוש Inodes פנויים למילוי המערך מ-Inode זה.

³ מטרת הגדרת תחילת החיפוש אחר Inodes פנויים להבטיח שלא יסרקו Inodes שכבר הוקצו. נקודת תחילת החיפוש תהיה תמיד גדולה או שווה ממספר Inode המקסימלי הנמצא ברשימת הפנויים.