

## תזכורת: השירות compareTo

```
int compareTo(Comparable other)
throws IncomparableException {
VersionedString other_vs;
try {
other_vs = (VersionedString) other;
catch (java.lang.ClassCastException ce) {
throw new IncomparableException();
if (this.length() > other_vs.length())
return 1;
...
}
```

2

## הורשה - Inheritance



הרצאה מספר 5

1

## הפתרון: מחלקה מופשטת

- רצוי היה להוסיף את הגדרת השירות המשותף למנשק
- אבל בג'אווה צריך להשתמש במבנה תחבירי אחר, מחלקה מופשטת (abstract class)

```
abstract class VersionedString
implements Comparable {
public int compareTo(Comparable other)
throws IncomparableException {...}
abstract public int length();
abstract public String getLastVersion();
abstract public String getVersion(int i);
}
```

4

## שכפול



- פיתחנו את השירות עבור המחלקה LinkedVersionedString, שמממש את המנשק VersionedString
- אותו שירות בדיוק תקף לכל מחלקה שמממשת את המנשק
- צריך, אם כן, לשכפל את השירות בכל מחלקה כזו
- השכפול לא רצוי: אם נגלה, למשל, פגם במימוש השירות, נצטרך לתקן אותו בכל המחלקות שכוללות אותו

3

## הרחבת מחלקה מופשטת

```
class LinkedVersionedString
extends VersionedString {
protected int n;
protected Version last;
public void add(String s) {...}
public int length() {...}
public String getLastVersion() {...}
public String getVersion(int i) {...}
}
```

```
classDiagram
    class VersionedString
    class LinkedVersionedString
    VersionedString <|-- LinkedVersionedString
```

- אין הגדרה כלל לשירות המשותף compareTo

6

## מחלקה מופשטת

- כמו מנשק, מגדירה טיפוס לא שלם: אפשר להגדיר התייחסויות אליה אבל אי אפשר לייצר עצמים כאלה
- מחלקה מופשטת אם ורק אם יש בה הצהרה על שירות אבל ללא הגדרה; הצהרת השירות כוללת את מילת המפתח abstract
- חייבים לציין גם בהגדרת המחלקה שהיא מופשטת
- מחלקה מופשטת מיועדת להיות מורחבת על ידי מחלקות מוחשיות שמגדירות את השירותים
- מנשק הוא למעשה מחלקה שכל שירותיה מופשטים
- כמו בדיון על מנשקים, החוזה מוגדר בדרך כלל על המחלקה המופשטת, לא על המחלקות שמממשות את כל השירותים

5

## ראות (Visibility)

- ארבע אפשרויות של נראות של שדות ושירותים (וגם מחלקות מוכלות) בסדר עולה מהמזומצם לנרחב
- Private** (שדה או שרות): נגיש רק לקוד באותה המחלקה (כולל דרך עצם אחר מאותה המחלקה)
- נראות בחבילה (**Package visibility**): לא מופיעה אף אחת מהמילים `public`, `private` או `protected`. כנ"ל ובנוסף גם מחלקות אחרות באותה חבילה
- Protected**: כנ"ל (`private`) ובנוסף גם מחלקות שירות ממונה ושייכות לחבילה אחרת
- Public**: נגיש מכל מחלקה בלי הגבלה
- מחלקה או ממשק (לא מוכלים) צריך להגדיר עם נראות חבילה או `public`

7

## הרחבת מחלקה מופשטת

- המחלקה המרחיבה מספקת מימוש לשירותים המופשטים
- אם לא ניתן מימוש לכל השירותים, המחלקה המרחיבה היא בעצמה מופשטת, וחייבת לציין זאת

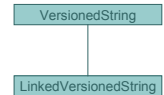
```
abstract class Abst1 {
    abstract public void do1();
    abstract public void do2();
}
abstract class Abst2 extends Abst1 {
    public void do1() { ... }
}
```

8

## הפעלת שירותים

- כאשר מפעילים שירות על עצם ממחלקה שמרחיבה מחלקה מופשטת (יורשת ממנה), אם השירות מוגדר במחלקה המוחשית, הוא מופעל, אחרת מופעל השירות שנתקבל בירושה מהמחלקה המופשטת

```
VersionedString vs1 =
    new LinkedVersionedString();
VersionedString vs2 =
    new CyclicArrayVersString();
vs1.add("Mr. X"); //LinkedVersionedString.add
int c =
    vs1.compareTo(vs2); //VersionedString.compareTo
```



9

## הרחבת מחלקה מוחשית

- ניתן להרחיב גם מחלקה מוחשית
- לדוגמה: רוצים לאפשר סימון גרסה בשם (מחרוזת) ולא רק במספר סידורי
- לצורך המימוש צריך להוסיף שדה מופע, בנוי ושירותים
- אנחנו משתמשים בממשק `java.util.Map` ובמחלקה `java.util.TreeMap` שמממשת אותו; פרטים בהמשך
- כזכור המחלקה `Integer` היא טיפוס עוטף ל-`int`, משתמשים בה כאשר חייבים להשתמש בעצם ולא בטיפוס פרימיטיבי

10

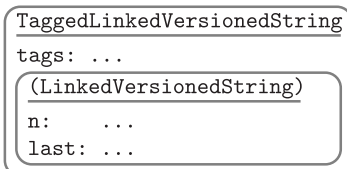
## הרחבת מחלקה מוחשית

```
import java.util.*

class TaggedLinkedVersionedString
    extends LinkedVersionedString {
    protected Map tags;
    public TaggedLinkedVersionedString() {...}
    public void tag(int i, String t) {...}
    public String getVersion(String t) {...}
}
```

11

## מבנה עצם מורחב



12

## שירותים חדשים

```
public void tag (int i, String t) {
    tags.put(t,new Integer(i));
}
public String getVersion(String t) {
    int i;
    i = ((Integer) tags.get(t)).intValue();
    return getVersion(i);
}
```

14

## בנאי למחלקה המורחבת

```
public TaggedLinkedVersionedString() {
    super();
    tags = new java.util.TreeMap();
}
```

- קודם כל יש להפעיל את הבנאי של מחלקת הבסיס (המחלקה שאותה מרחיבים) בעזרת מילת המפתח super()
- אם למחלקת הבסיס יש מספר בנאים, אפשר להפעיל כל אחד מהם על ידי העברת ארגומנטים מתאימים, למשל, super("a demo");
- אם לא קוראים באופן מפורש לבנאי של מחלקת הבסיס, ג'אווה מכניסה אוטומטית את הקריאה super() לתחילת הבנאי

13

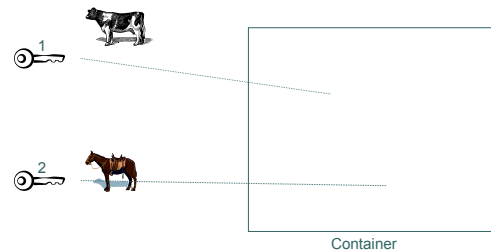
## המנשק Map

- המנשק Map הוא חלק מה-Java collection framework
- מייצג אוסף מיפויים בין קבוצת מפתחות, לקבוצת עצמים (המנשק הוא גנרי; משתנה הטיפוס הראשון מייצג את המפתחות, והשני את הערכים הקשורים למפתחות)
- המפתחות שונים זה מזה; אם אינם מקובעים הלקוח צריך להבטיח שלא ישתנו כאשר הם בשימוש במיפוי השירותים העיקריים הם:
  - put(t,i) – מוסיף מיפוי חדש (או מחליף קיים) מ-t ל-i
  - get(t) – מחזיר את הערך שמקושר למפתח t
  - TreeMap – מחלקה המממשת את המנשק

16

## המנשק Map

- המנשק Map הוא חלק מה-Java collection framework
- מייצג אוסף מיפויים בין קבוצת מפתחות, לקבוצת עצמים



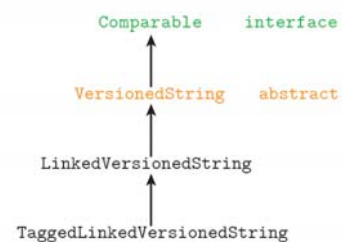
15

## הסדר לא נכון

- מימוש השירותים ב- TaggedLinkedVersionedString לא תלוי בעצם ב- LinkedVersionedString
- אותו מימוש בדיוק יתאים גם ל- CyclicArrayVersionedString
- אפשר, למשל, להוסיף את השירותים הללו (ושדה המופע tags) למחלקה המופשטת VersionedString
- אבל אולי לא תמיד צריך את היכולות הללו, וכאשר לא צריך אותן, גם לא צריך את השדה tags
- כדאי אולי להפוך את הסדר

18

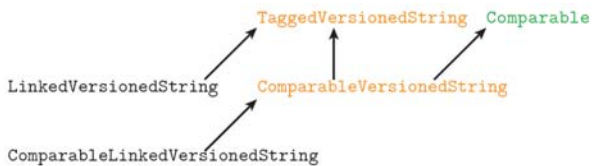
## היררכיית הטיפוסים



17

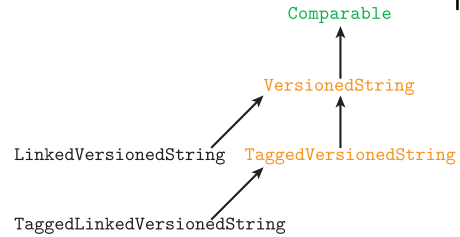
## זה לא פתר את הבעיות

- ראשית, המימוש של שתי המחלקות המוחשיות יכול להיות זהה לחלוטין; באחת יש tags ובשניה לא, תלוי את מי כל אחת מרחיבה, אם אנו רוצים את שתיהן, צריך לשכפל את מימוש השירותים
- שנית, מה אם רוצים את השירותים הקשורים ב-tags, אבל לא את השירות המופשטות? compareTo? אם זה המצב, צריך להפוך את הסדר של שתי המחלקות המופשטות



20

## הפוך את הסדר

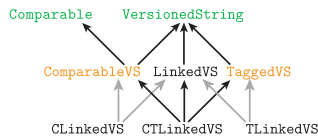


- כעת, אם המחלקה המוחשית מרחיבה את VersionedString היא לא מקבלת את השירותים הקשורים ב-tags, אבל אם היא מרחיבה את TaggedVersionedString, היא כן

19

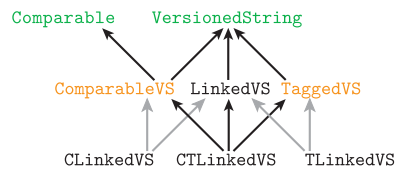
## למה אין ירושה מרובה ב-Java?

- למרות שירושה מרובה מאפשרת גמישות רבה בהגדרת מחלקות ללא שכפול קוד, המנגנון הזה יוצר בעיות
- נניח שגם ב-TaggedVS וגם ב-ComparableVS מוגדר שירות m
- כאשר מפעילים את CTLinkedVS, האם מופעל ComparableVS או TaggedVS? צריך מנגנון בחירה
- מנגנון הבחירה עשוי להשפיע גם על שירותים שמוגדרים גבוה יותר, למשל ב-VersionedString, אם זו מחלקה מופשטת ששירות שלה קורא לשירות m



22

## ירושה מרובה



- במבנה הזה כל מחלקה מוחשית יכולה לבחור את השירותים שהיא תספק על ידי ירושה ממחלקות מופשטות ומוחשיות מתאימות, ללא שכפול קוד
- למרבה הצער(?) ,ג'אווה לא מתירה ירושה מרובה (multiple inheritance), ירושה של שירותים מיותר מהורה יחיד בעץ הירושה

21

## דוגמה יותר כללית

```

class Tagger {
    protected java.util.Map tags;
    public Tagger() {...}
    public void tag(int i, String t) {...}
    public int get(String tag) {...}
}

class TLinkedVS extends LinkedVS
    implements Taggable {
    protected Tagger tagger = new Tagger();
    public void tag(int i, String t)
    { tagger.tag(i,t); }
}
    
```

24

## הימנעות משכפול בלי ירושה מרובה

```

class VSComparator {
    static a procedure, does not refer to a "this" object
    public int compare(VersionedString x,
        VersionedString y)
    {...}
}

class CLinkedVS extends LinkedVS
    implements Comparable {
    public int compareTo(VersionedString y) {
        return VSComparator.compare(this,other);
    }
}
    
```

23

## דריסת שירות

- גם אם מחלקה יורשת שירות מאחד ההורים הקדמונים שלה, היא יכולה להגדיר אותו מחדש
- ```
class LinkedVersionedString
  extends VersionedString {
  ...
  int compareTo(Comparable other) ... {
    VersionedString other_vs;
    ...
    if (this.n > other_vs.length())
      return 1;
  }
}
```
- יותר יעיל, התייחסות לשדה מופע n במקום קריאה לשירות

26

## is-a במקום has-a

- ירושה מכלילה את שדות המופע של מחלקת הבסיס בעצם של המחלקה המרחיבה, מכלילה את השירותים, ומאפשרת להשתמש בעצם מרחיב כאילו היה עצם בסיס
- האפשרות לשימוש חלופי נקראת is-a, למשל TLinkedVS is a LinkedVS
- הדוגמה הקודמת הראתה שניתן להשיג את אותן יכולות בדיוק על ידי הכללת עצם שלם ממחלקת הבסיס בעצם מהמחלקה המרחיבה (על מנת לקבל את שדות המופע של הבסיס), על ידי קריאה מפורשת לשירותי הבסיס (forwarding), ועל ידי הצהרה שהמחלקה מספקת את שירותי הבסיס (implements Taggable)
- יותר פשוט, יותר גמיש, אבל מעט יותר מסורבל

25

## טיפוס סטטי ועצם דינאמי

- ```
C static_C_dynamic_C = new C();
C static_C_dynamic_CS = new CS();
CS static_CS_dynamic_CS = new CS();
...
CIter i1 = static_C_dynamic_C.iterator();
// ברור שאי אפשר להסתמך על סריקה מונטונית
CIter i2 = static_CS_dynamic_CS.iterator();
// ברור שכן אפשר להסתמך על סריקה מונטונית
CIter i3 = static_C_dynamic_CS.iterator();
// האם אפשר להסתמך על סריקה מונטונית? //
```



28



## שתי סיבות לדריסה

- אפשר לפעמים לממש את השירות יותר ביעילות במחלקה שמכירה את פרטי המימוש של העצם מאשר במחלקה מופשטת
- למשל, נניח שמחלקה C שומרת שלמים במערך לא ממוין; מחלקה חדשה CS יכולה לרשת ממנה אבל לדאוג שהמערך יהיה ממוין על ידי דריסת השירות שמוסיף איברים, ולחפש יותר ביעילות על ידי דריסת השירות שמחפש איברים
- סיבה שנייה: לפעמים הירושה יכולה לחזק את החוזה
- למשל, החוזה של האיטרטור ש-CS מחזירה מבטיח שהאיברים יוחזרו בסדר עולה, מכיוון שהמערך שמכיל אותם ממוין

27

## חיזוק החוזה

- בדוגמה רואים שימוש לחיזוק החוזה: אם לקוח צריך עצם ממחלקה עם חוזה משופר (CS), הוא צריך להשתמש במשתנה מטיפוס סטטי CS שמתייחס לעצם עם טיפוס דינאמי CS
- זה נותן ללקוח אפשרות בחירה: חוזה רגיל דרך C, חוזה משופר דרך CS
- למה שהלקוח יבחר בחוזה חלש יותר? אולי המימוש של החוזה החלש יותר יעיל, לפחות מהיבטים שחשובים ללקוח; למשל, הוספת איברים למערך לא ממוין יותר מהירה, למרות שחיפוש יותר איטי; אולי חשוב להשתמש במעט מחלקות על מנת למזער את מחיר בדיקות האיכות או גודל הזיכרון

30

## שיגור דינאמי Dynamic Dispatch

- ניתוח סטטי של קריאה של target.method(...) קובע מהו הטיפוס ST של המשתנה target (בין אם שדה, משתנה מקומי או פרמטר): הטיפוס הסטטי (מנשק או מחלקה)
- בזמן ריצה, העצם ש-target מתייחס אליו הוא מטיפוס DT שיושם מ-ST. זהו הטיפוס הדינמי של target
- לכן רק בזמן ריצה ניתן לקבוע לאיזה שירות יש לקרוא: אם הוגדר שירות method(...) למחלקה DT, נקרא לו, אחרת יש לבדוק במחלקה ממנה ירש DT1, וכן הלאה
- מובטח שיימצא שירות (אחרת שגיאת קומפילציה)
- הקומפילטר יוצר קוד לביצוע הבחירה בזמן קבוע



29

## החלטה או חיזוק?

- המנשק `VersionedString` והמחלקה `LinkedVersionedString` לא מגבילים את מספר הגרסאות שניתן לייצג, ולכן תנאי הקדם של `getVersion` הוא שהארגומנט יהיה בין 1 ובין `length()`, מספר הגרסאות שהוספו עד כה
- נניח שאנו רוצים להרחיב את המחלקה למחלקה חדשה `BoundedVersionedString` עם שירות נוסף, `chop(int i)`, שמוחק את הגרסאות `i-1` ומטה; אחרי פקודה כזו, התחום המותר של `getVersion` הוא רק `i` עד `length()`
- מבחינה מסוימת, חיזוקנו את החוזה, כי הוספנו שירות שלא היה קודם, אבל מבחינה אחרת, החלשנו את החוזה (את הספק). כי לספק החדש יש שירות עם תנאי קדם יותר מגביל

31

## עקרון ההחלפה (Substitution)

- לקוח שמשמש בעצם דרך ייחוס מטיפוס `LinkedVersionedString` מניח שהעצם מקיים את החוזה של `LinkedVersionedString`
- הלקוח לא תמיד יכול לדעת מאיזה מחלקה העצם שאת שירותיו הוא מפעיל; אולי הוא מהמחלקה `LinkedVersionedString` ואולי הוא ממחלקה שמרחיבה אותה
- לכן עצם ממחלקה שמרחיבה את `LinkedVersionedString` חייב להתנהג ממש כאילו הוא מהמחלקה `LinkedVersionedString`
- כלומר צריך שאפשר יהיה להחליף אותו בעצם מהמחלקה `LinkedVersionedString` בלי שזה ישפיע על הלקוח

32

## ולכן אסור להרחיב להחליש את החוזה!

- אסור לדרוש תנאי קדם יותר חזק (יותר קשה לקיום)
  - אסור להבטיח תנאי אחר יותר חלש
  - אסור להודיע על חריג מטיפוס שלא הוצהר במקור (זה נמנע תחבירית בג'אווה)
- במילים אחרות, החוזה של שירות דורס (או של שירות שמממש מנשק אבל עם חוזה מחוזק) הוא תמיד מהצורה "תנאי הקדם הוא 'תנאי קדם נורש או תנאי קדם אחר'"
- תנאי האחר הוא "תנאי אחר נורש וגם תנאי אחר נוסף"
- כמובן שמותר לחזק רק את תנאי הקדם (תנאי האחר הנוסף הוא `true`) או רק את תנאי האחר (תנאי קדם אחר הוא `false`)

33

## אם עוד לא השתכנעתם

```
public void dolt(VersionedString vs) {
    for (int i=1; i<=vs.length(); i++) {
        String s = vs.getVersion(i);
        do something with s
    }
}
VersionedString bvs =
    new BoundedVersionedString();
add versions to bvs
dolt(bvs);
```

תקין תחבירית אבל מפר את עקרון ההחלפה

34

## דריסה וחריגים

```
class BoundedVersionedString
    extends LinkedVersionedString {
    ...
    public void getVersion(i)
        throws DeletedVersionException {...}
}
```

- ניסינו לפתור את הבעיה על ידי השארת תנאי הקדם של `getVersion` על כנו, אבל הוספנו חריג כדי לטפל במקרה שלקוח מבקש גרסה שנמחקה כבר על ידי `chop`
- זה לא עובד! הוספת החריג החלישה בצורה אחרת את השירות, כי היא דורשת מהלקוח לטפל בחריג; את זה ג'אווה אוסרת תחבירית

35

## ירושה וחריגי חוזה

- עקרון ההחלפה מקשה על בדיקת החוזה בגוף השירותים, 

```
public void someMethod(...) {
    if (!( precondition )) throw Precond...;
```
- הבעיה היא שצריך לבדוק גם את תנאי הקדם של השירות הנדרס או של המנשק, ואין דרך פשוטה לדעת מהו
- בדומה, בבדיקת תנאי אחר צריך להרשות לקיים את תנאי האחר של השירות הנדרס או המנשק
- בנוסף, את תנאי הקדם של בנאים צריך לבדוק לפני שהבנאים עושים משהו, וזה בלתי אפשרי בגלל שהדבר הראשון שהם עושים הוא לקרוא לבנאי של מחלקת הבסיס

36



## תכנון המשפחה

- מחלקה Sub שמרחיבה מחלקה Super (או מממשת ממשק Super) יכולה להשתמש בחוזה של Super ללא שינוי, או שהיא יכולה לחזק אותו, כלומר לדרוש פחות מהלקוח ו/או להבטיח לו יותר
- אבל אסור ל-Sub להשתמש בחוזה שהוא חלש משל Super
- לכן, אם מתכננים היררכיה, המחלקות עם החוזים המגבילים יותר צריכות להיות למעלה, והמחלקות המתירניות למטה (להרחיב את המגבילות, ולא להיפרך)
- בפרט, היררכיה של מחלקות צריך לתכנן, וגם
- אי אפשר להשתמש במחלקות קיימות כבסיס למחלקות חדשות שרירותיות אם יוצרים את החדשות על ידי ירושה

38

## את החוזה של בנאי לא יורשים

- כי לא יורשים את הבנאי, אלא קוראים לו מפורשות מתוך בנאי במחלקה המרחיבה
  - בנוסף, לקוח תמיד קורא לבנאי של מחלקה מסוימת תוך שימוש בשם המחלקה, למשל
- ```
VersionedString bvs =
new BoundedVersionedString();
```
- הלקוח לא מסתמך על החוזה של בנאי של מחלקת הבסיס
  - ולמנשקים אין בנאים כלל

37

## אבל זה כבר מוגזם

- ```
overTheTop(VS x, LinkedVS y) {...}
overTheTop(LinkedVS x, VS y) {...}
LinkedVS a = new LinkedVS();
LinkedVS b = new LinkedVS();
overTheTop(a, b);
```
- ברור שצריך יציקה אחת למעלה, אבל איזו מהן, על a או b?
  - אין דרך להחליט; הפעלת השגרה לא חוקית בג'אווה

40

## העמסה וירושה

- זה נראה סביר (הפרוצדורות מתוך java.lang.String):
- ```
static String valueOf(double d) {...}
static String valueOf(boolean b) {...}
```
- אבל מה עם זה?
- ```
overloaded(VersionedString x) {...}
overloaded(LinkedVersionedString x) {...}
```
- לא נורא, הקומפילר יכול להחליט,
- ```
VersionedString vs = new LinkedVS();
LinkedVersionedString lvs = new LinkedVS();
```
- *We must use the more general method*
  - *The more specific method applies*

39

## אולי יותר גרוע

- ```
class B {
  overloaded(VS x) {...}
}
class S extends B {
  overloaded(VS x) {...} override
  overloaded(LinkedVS x) {...} overload but
  no override!
}
S o = new S();
o.overloaded(lvs);
((B) o).overloaded(lvs); What to invoke?
```

42

## שברירות

- ```
overTheTop(VS x, LinkedVS y) {...}
overTheTop(LinkedVS x, VS y) {...}
LinkedVS a = new LinkedVS();
LinkedVS b = new LinkedVS();
overTheTop(a, b);
```
- זה חוק שברירי: אם במקור הייתה רק הגרסה הירוקה, הקריאה לשגרה הייתה חוקית
  - כאשר מוסיפים את הגרסה האדומה, הקריאה נהפכת ללא חוקית; אבל הקומפילר לא יגלה את זה אם זה בקובץ אחר, והתוכנית תמשיך לעבוד, ולקורא לגרסה הירוקה
  - לא טוב שקומפילציה רק של קובץ שלא השתנה תשנה את התנהגות התוכנית; זה מצב שברירי

41

## מה ייבחר

- מנגנון ההעמסה הוא סטטי: בוחר את החתימה של השרות (טיפוס העצם, שם השרות, מספר וסוג הפרמטרים), אבל עדיין לא קובע איזה שרות ייקרא. עבור הקריאה ((B) o).overloaded(lvs);
- תיבחר החתימה B.overloaded(VS) בגלל שיעד הקריאה הוא מטיפוס B (השירות היחיד הרלבנטי הוא האדום!)
- בזמן ריצה מופעל מנגנון השיגור הדינמי, שבוחר בין השרותים בעלי חתימה זאת, את המתאים ביותר, לטיפוס הדינמי של יעד הקריאה. הטיפוס הדינמי הוא S, לכן נבחר השרות הירוק
- כנ"ל אם הקריאה היא  
`B b = new S(); b.overloaded(lvs);`

43

## אם עוד לא השתכנעתם



- שהעמסה היא רעיון מסוכן, אז עכשיו זה הזמן
- בייחוד כאשר ההעמסה היא ביחס לטיפוסים שמרחיבים זה את זה, לא זרים לחלוטין
- יוצר שברירות, קוד שמתנהג בצורה לא אינטואיטיבית (השירות שעצם מפעיל תלוי בטיפוס ההתייחסות לעצם ולא רק במחלקה של העצם), וקושי לדעת איזה שירות בדיוק מופעל
- ומכיוון שהתמורה היחידה (אם בכלל) היא אסתטית, לא כדאי

44

## עקרון הפתוח סגור

- המרכיבים של מערכת תוכנה צריכים להיות סגורים, כלומר מוכנים לשימוש ובה בשעה להיות פתוחים, מוכנים להרחבה ללא שינוי הקיים
- הרחבה ע"י שינוי הקיים פחות רצויה (אם כי ניתן לבצע refactoring, שינוי מבני שאינו משנה התנהגות)
- מנגנון הירושה הוא מימוש אחד של העיקרון; זה לא המימוש היחיד (גישה אחרת: plug-ins)
- בג'אווה, מימוש העיקרון ע"י ירושה אינו שלם
  - אי אפשר לרשת מיותר מהורה אחד
  - אי אפשר להרחיב אם ההרחבה יותר מגבילה מהבסיס; דרוש מנגנון שמאפשר לרשת מימוש בלי שיוצר יחס בין הטיפוסים

45

## החיים במשפחה מורחבת

- עד כה דנו ביחס שבין מחלקה מרחיבה ובין לקוחות; לקוחות שלה, לקוחות של מחלקת הבסיס או המנשק, ולקוחות שאינם יודעים בדיוק באיזו מחלקה הם משתמשים (הרוב)
- קצת נדון ביחס שבין מימוש מחלקה ובין המימוש של הרחבות שלה
- המחלקות לאורך מסלול בהיררכיית הטיפוסים הן מעין משפחה מורחבת שיש לה כללים שיש לשמור עליהם
- לעומת זאת, על המימושים של מחלקות שאינן על מסלול כזה אין שום הגבלות, גם אם כולן ממשות את אותו מנשק

46

## שירותים מעורבים

- ```
class TaggedLinkedVersionedString
    extends LinkedVersionedString {...}
VersionedString vs =
    new TaggedLinkedVersionedString();
vs.add("Mr. X");    LinkedVersionedString.add
vs.add("Ms. Y");    LinkedVersionedString.add
vs.tag(2,"F");      TaggedLinkedVersionedString.add
```
- אלא אם דרסנו את כל השירותים, שירותים ממחלקת הבסיס ומהמחלקה המרחיבה מופעלים באופן מעורב

47

## ולכן

- שירותי המחלקה המרחיבה חייבים לכבד את המשתמר של המחלקה המורחבת, מכיוון ששירות של המחלקה המורחבת עלול להיקרא אחרי שירות מהמחלקה המרחיבה
- ולחיפך, שירות של המחלקה המרחיבה עשוי להיות מופעל אחרי שירות של המחלקה המורחבת, ולכן גם המשתמר של המורחבת חייב להתקיים אחרי סיום פעולת שירות של מחלקת הבסיס
- כלומר, המשתמר של המחלקה המרחיבה יכול להיות חזק יותר, אך לא חלש יותר

48



## אבל יש כאן חוסר סימטריה

- מהמחלקה המרחיבה אפשר לדרוש שתכבד את המשתמר של מחלקת הבסיס; היא נכתבת מאוחר יותר ומתייחסת מפורשות למחלקת הבסיס
- אבל מחלקת הבסיס לא מודעת להרחבות שלה, וייתכנו הרחבות רבות, ואי אפשר לדעת מתי תתווסף הרחבה חדשה
- לכן אי אפשר לדרוש ממחלקת בסיס לכבד את המשתמרים של המחלקות שמרחיבות אותה
- במקום זה, נדרוש שהמשתמר של המחלקה המרחיבה יוגדר כך ששירותים לא דרוסים של מחלקת הבסיס לא יפירו אותו
- איך דואגים לכל זה?

49

## כיצד לכבד משתמרים?

- המקרה הפשוט ביותר: שירותי המחלקה המרחיבה לא משנים את שדות המופע של מחלקת הבסיס, והמשתמר של המחלקה המרחיבה לא מתייחס כלל לשדות המופע של מחלקת הבסיס
- ההימנעות משינוי שדות המופע של הבסיס מבטיחה ששירות של המרחיבה לא יפר את המשתמר
- ההימנעות מהתייחסות לשדות המופע הללו במשתמר של המחלקה המרחיבה מבטיחה, בדרך כלל, מהפרה של המשתמר הזה על ידי שירות של מחלקת הבסיס
- מקרה פשוט אחר, פחות נפוץ: כל השירותים נדרסים, שירותים של שתי המחלקות לא מופעלים לסירוגין

50

## שימוש בשירותים דרוסים

- לפעמים צריך או רצוי להשתמש בשירות דרוס מתוך השירות הדורס, למשל,
- ```
class AudibleButton extends Button {
    public void Clicked() {
        getDisplay().play(clickSound);
        super.Clicked();
    }
}
```
- השירות הדורס מחזק את החוזה של הנדרס על ידי הוספת תוצא לוואי לנדרס; דוגמאות אחרות מחזקות את תנאי האחר
  - השירות הדורס אחראי לקיום תנאי הקדם של הנדרס ולקיום המשתמר של מחלקת הבסיס בנקודה שבה הנדרס נקרא

51

## שדות מופע לא נדרסים

- הם מוסתרים (shadowed); ככלל, זה מבלבל ולא רצוי
- אם למחלקת הבסיס B יש שדה מופע f, וגם המחלקה המרחיבה S מצהירה על שדה מופע f, בעצמים מהמחלקה S יהיו שני שדות מופע שונים בשם f, אחד של B ואחד של S
- ההתייחסות לשדות מופע היא סטאטית: שירותים שמוגדרים ב-B מתייחסים לשדה המופע של B (למרות שהעצם הוא בפועל מהמחלקה S) ושירותים שמוגדרים ב-S לשדה המופע של S
- זה שונה לגמרי מהתייחסות לשירותים: תמיד לפי הטיפוס הדינאמי
- ניתן לבחור את שדה המופע על ידי super.f בשירותים של S או על ידי יציקה (S) this.f

52

## התייחסות סטטית לשדות מופע

```
SubClass s:
BaseClass b =
    (BaseClass) s;
s.method()
b.method()
s.field
b.field
```

53

## זה מעורר עוד סוגיה בירושה מרובה

- האם לשתף אב קדמון או לא?
- 

54

## לשתף את האב הקדמון

- אם Left ו-Right משתמשות כל אחת בשדה field של Root באופן שרירותי, ברור כל אחת מהן צריכה עותק פרטי שלו
- ומה אם שתיהן מכבדות את המשתמר של Root?
- זה לא תמיד מספיק: נניח שהמשתמר של Root הוא  $i > 0$ , ש-Left מוסיפה למשתמר את התנאי  $i > 5$ , אבל Right מוסיפה  $i < 4$ , וש-Root לא מפירה את המשתמרים הללו
- ברור ששיתוף יכשל
- אי אפשר לפתור את זה ב-Left ו-Right כי אין ביניהן שום יח
- המימוש של Sub צריך לבחור האם לשתף; העסק מסתבך

55

## מה עוד לא יורשים?

- גם שרתי מחלקה (static) מוסתרים ולא נדרסים (ואם נקפיד לקרוא להם באמצעות שם מחלקה, ולא עצם, אזי השם המלא של השרות שונה, אין הסתרה)
- אסור לשרות מחלקה במחלקה יורשת להסתיך שרות מופע במחלקת הבסיס
- לא יורשים שדה או שרות פרטי; אם מופיע שדה או שרות באותו שם במחלקה היורשת, אין לו כל קשר לזה שבמחלקת הבסיס

56

## מגטן ההרחבה פוגע במודולריות

- הרעיון המרכזי שעמד מאחורי עצמים ומאחורי חוזים היה מודולריות: היכולת להפריד את ההיבטים של מחלקה שרלוונטיים ללקוחות מההיבטים שהם עניינה הפרטי
- זה מאפשר לשנות את המימוש של מחלקה בלי להשפיע על לקוחות, ובפרט להפריד את פיתוחה ותחזוקתה
- אם מאפשרים הרחבה וחושפים את המימוש למחלקות מרחיבות (הגנה על שדות המופע ברמת (protected), שניויים במימוש עשויים להשפיע על מחלקות מרחיבות
- לפעמים זה לא נורא, אם המחלקות המרחיבות ממומשות ומתחזקות על ידי אותו צוות פיתוח, או אם יש ביטחון בכך שהמימוש של מחלקת הבסיס מוצלח ולא ישתנה בעתיד
- אבל הרחבות שוברות מודולריות וזה עלול להיות לא טוב

57

## גישות לשימור המודולריות

- שימוש ב-has-a במקום ב-is-a, כלומר שימוש בשדה מופע במקום בירשה
- שימוש ברמת הגנה private עבור שדות המופע של מחלקת הבסיס והשירותים הלא ציבוריים שלה; זה מספק רמת הגנה דומה לשימוש ב-has-a
- איסור מוחלט להרחיב את המחלקה על ידי שימוש במילת המפתח final בהגדרת המחלקה
- (מילת המפתח final בהגדרת שירות אוסרת לדרוס אותו, אבל שירותים אחרים של מחלקה מרחיבה עשויים להיות תלויים במימוש מחלקת הבסיס; כלומר זה לא משמר מודולריות)

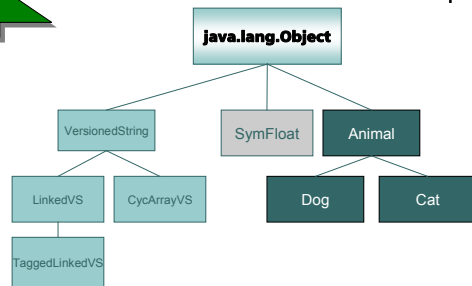
58

## סוף הדרך - Object

- אם מטפסים ממחלקה כלשהי בגרף שיח ה-extends מגדיר, מגיעים תמיד למחלקה java.lang.Object
- כלומר הגרף הוא עץ מכוון עם שורש
- אם הגדרה של מחלקה לא מציינת את מי היא מרחיבה, השפה מוסיפה אוטומטית את פסוק ההרחבה extends java.lang.Object
- זה מבטיח שכל עצם הוא סוג של Object
- וזה מבטיח שכל עצם בג'אווה מספק שירותים בסיסיים מסוימים, אם על ידי ירשה מ-Object או על ידי דריסה
- השירותים הללו הם toString, clone, equals, ועוד כמה פחות חשובים

59

## java.lang.Object



60

## תבנית נספח: callback

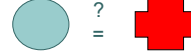
- שרות מוחשי במחלקה מופשטת יכול לקרוא לשרות מופשט
- מנגנון של callback (קוד "מערכת" מפעיל קוד משתמש)

```
abstract class Stack {
    public void change_top(String t) {
        pop(); push(t);
    }
    abstract public void push(String t);
    abstract public void pop();
}
```

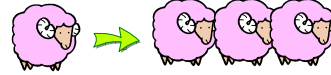
62

## שירותים של Object

- `public boolean equals(Object obj)`



- `protected Object clone()`



- `public String toString()`



Dog@affc770

Default: Full class name + Hash code

Dog[Muki]

Override: Custom implementation

61

## סיכום הרחבה ירושה

- מאפשרת להוסיף למחלקה שדות מופע ושירותים או לדרוס שירותים ולהגדיר אותם מחדש
- מאפשרת שימוש נוסף בקוד ללא שכפול, ההרחבה ותיקון של מחלקות שאין את קוד המקור שלהן
- למחלקה מרחיבה או מחלקה שממשת משק אבל משנה את החוזה שלו אסור להחליש את החוזה, אבל שפת התכנות לא כופה את האילוץ הזה
- ירושה כפולה (אין בג'אווה) מאפשרת יותר גמישות ביצירת מחלקות חדשות, אבל קשה להשתמש בה
- שימוש עצם כשדה מופע במקום לרשת אותו מאפשר לנצל שירותים ממספר מחלקות (במקום ירושה כפולה) ולהפריד לחלוטין את גרף ה-is-a-ה מגרף התלויות בין מימושים

64

## שינוי הטיפוס בירושה

- בג'אווה 5 שרות דורס יכול לשנות את טיפוס הערך המוחזר באופן קו-וריאנטי; כלומר טיפוס הערך המוחזר של השרות במחלקה המרחיבה צריך להיות הרחבה של הטיפוס במחלקת הבסיס (או שווה לו)

```
public class B {
    public B do1(...) { ... }
    public B1 do2(...) { ... }
}
public class S extends B {
    public S do1(...) { ... }
    public S1 do2(...) { ... }
    // S1 must inherit from B1
}
```

63