תכנות מונחה עצמים
בשפת C++

אוהד ברזילי

אוניברסיטת תל אביב

תבניות תיכון
(Design Patterns)

המצגת מבוססת על מצגות של פרופ' סיוון טולדו ופרופ' עמירם יהודאי על פי הספר:

Design Patterns: Elements of Reusable Object-Oriented Software
By Erich Gamma, Richard Helm, Ralph Johnson, John Vlissides

כל הזכויות שמורות למחברים

מוטיבציה

- בחיי יום יום אנחנו מתארים דברים תוך שימוש בתבניות חוזרות:
- מכונית א' היא כמו מכונית ב', אבל יש לה 2 דלתות במקום 4.
- אני רוצה ארון כמו זה, אבל עם דלתות במקום מגרות.
- גם בפיתוח תוכנה, אנחנו יכולים להסביר כיצד לעשות משהו ע"י התייחסות לדברים שעשינו בעבר, ובצורה כזאת להקל על התקשורת עם עמיתים.
- נאחסן את המבנה בעץ בינרי, ונבצע חיפוש לרוחב.

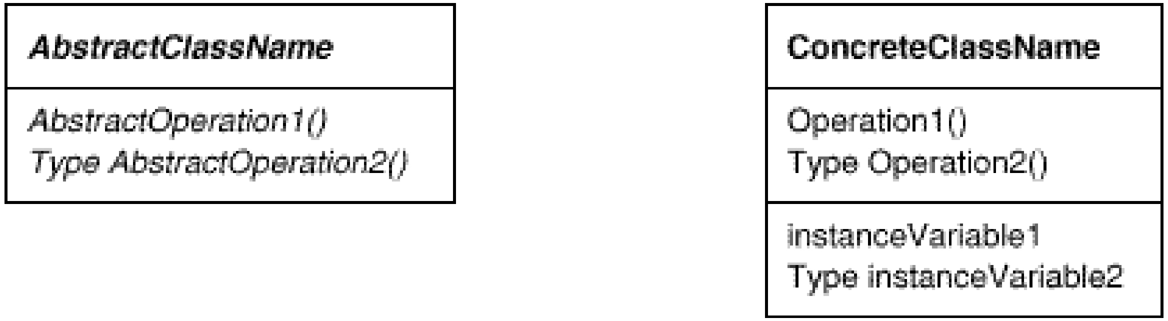
הגדרות מהספרות

- "Design Patterns are recurring solutions to design problems you see over and over." [Alpert, Brown, Wof, 1998].
- "Design Patterns constitute a set of rules describing how to accomplish certain tasks in the realm of software development." [Pree, 1994].
- "A pattern address a recurring design problem that arises in specific design situations and presents a solution to it." [Buschmann et al, 1996].
- "Patterns identify and specify abstractions that are above the level of single classes and instances, or of components." [Gamma et al, 1993].

מהי תבנית תיכון?

- תבנית תיכון היא פתרון מקובל לבעית תיכון נפוצה בתכנות מונחה עצמים.
- תבנית תיכון מתארת כיצד לבנות מחלקות כדי לענות על הדרישה הנתונה.
- מספקת מבנה כללי שיש להשתמש בו כשממשים חלק מתכנית.
- לא מתארת את המבנה של כל המערכת.
- לא מתארת אלגוריתמים ספציפיים.
- מתמקדת בקשר בין מחלקות.
- מתארת נסיון מצטבר של מתכננים, שניתן ללמוד ועוזר לתקשורת בין מהנדסי תוכנה.

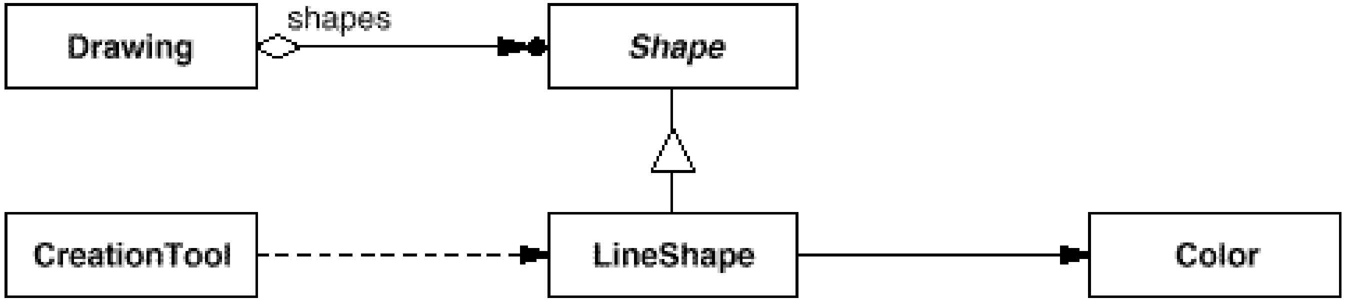
תרשימי מחלקות



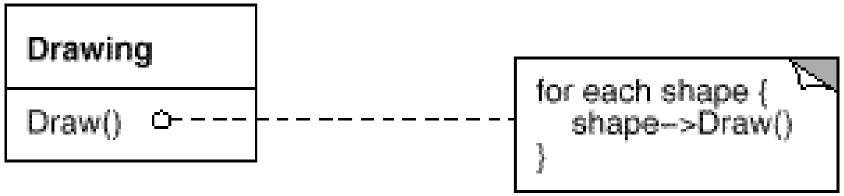
(a) Abstract and concrete classes

(b) Participant Client class (left) and implicit Client class (right)

תרשימי מחלקות

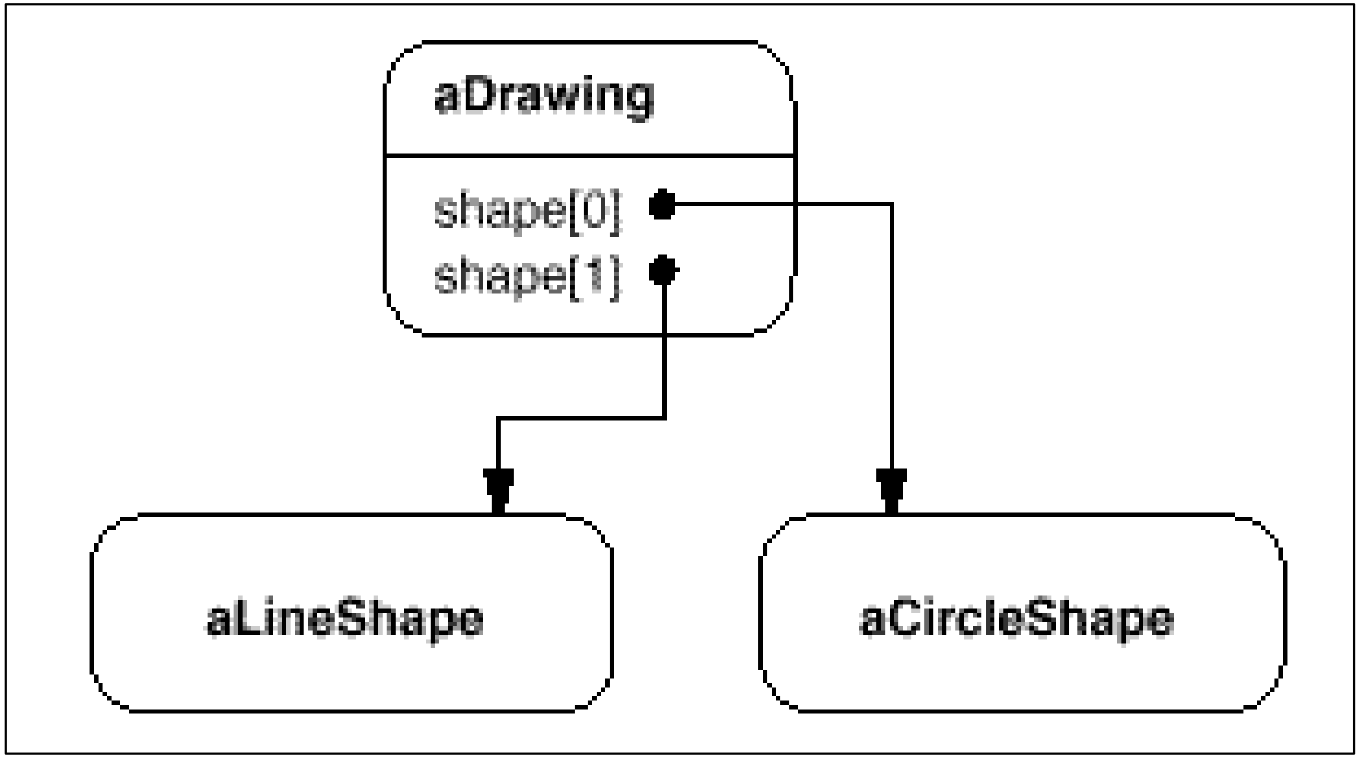


(c) Class relationships

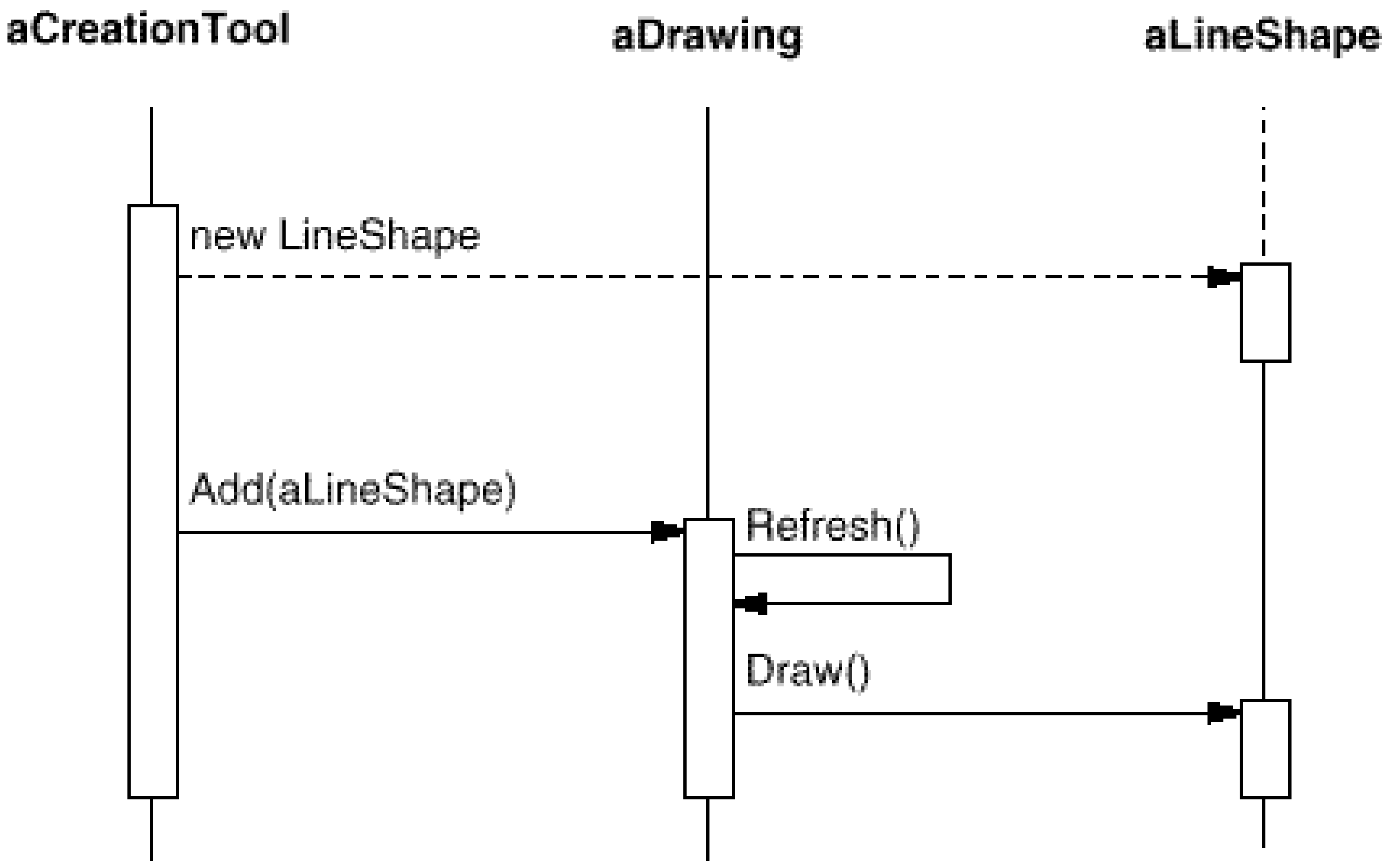


(d) Pseudocode annotation

תרשים עצמים



תרשים סדרתי (sequence diagram)



מקורות

- המושג נעשה פופולרי בעקבות הספר שמכונה GoF (ראה בשקופית הבאה)
- הגישה אומצה מעבודותיו של כריסטופר אלכסנדר, מתחום ארכיטקטורה של מבנים. הוא כתב :

"Each pattern describes a problem which occurs over and over again in our environment, and then describes the core of the solution to that problem, in such a way that you can use this solution a million times over, without ever doing it the same way twice"

GoF

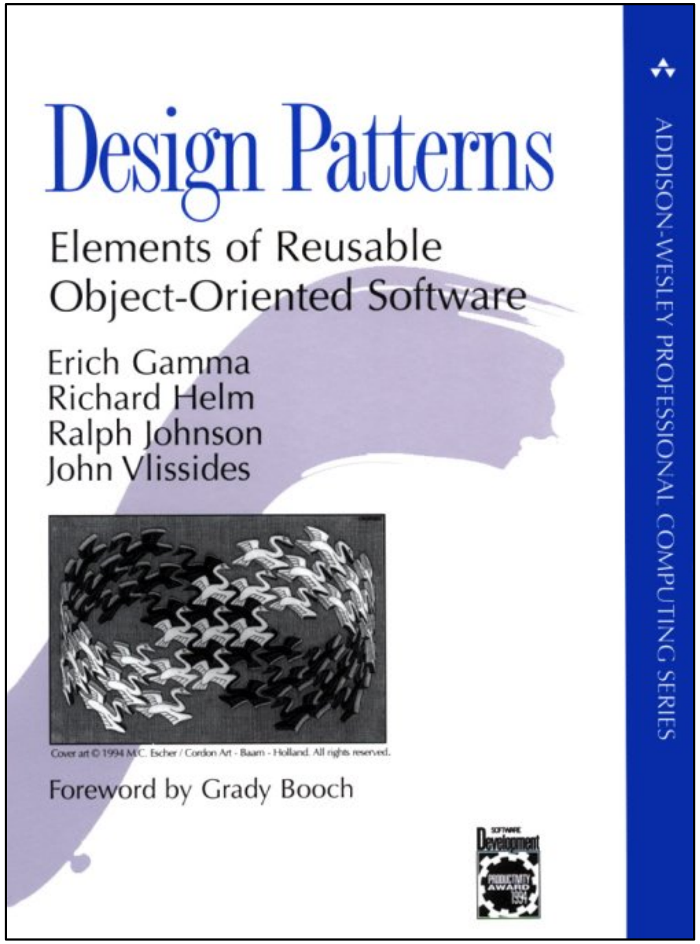
Design Patterns: Elements of Reusable Object-Oriented Software

By Erich Gamma, Richard Helm, Ralph Johnson, John Vlissides.

Published by Addison Wesley Professional.

Series: Addison-Wesley Professional Computing Series.

ISBN: 0201633612; Published: Oct 31, 1994; Copyright 1995; Dimensions 7-3/8x9-1/4 ; Pages: 416; Edition: 1st.



רקע

- אבחנותיו של אלכסנדר רלבנטיות גם למערכות תוכנה.
- במקום לדבר על קירות ודלתות, אנו עוסקים בעצמים ומנשקים.
- נעשה מאמץ לקטלג תבניות תיכון כלליות, וגם תבניות שמתאימות לתחומי יישום מוגדרים.
- הקריטריון לקבלת תבנית תיכון – נעשה בה שימוש במספר יישומים אמיתיים.
- סוגים נוספים של תבניות, לתיעוד דרכים טובות לפתור בעיות מסוגים שונים (כולל למשל ניהול כוח אדם). Best Practice
- אנטי תבניות (Anti patterns) דברים שיש להימנע מהם.

מרכיבים עיקריים של תבנית תיכון

ארבעה מרכיבים חיוניים:

- **שם התבנית**. שימוש בשם אחיד ומקובל מסייע לתקשורת בין מהנדסי תוכנה, מעלה את רמת ההפשטה.
- **הבעייה**. מתי ניתן להשתמש בתבנית? איזה בעייה היא אמורה לפתור? יכול לכלול מבנה עצמים שהוא סימפטום לבעייה, או אוסף תנאים שצריכים להתקיים.
- **הפתרון**. מתאר את מרכיבי הפתרון, היחסים ביניהם, אחריות כל אחד ושיתופי פעולה. תבנית לפתרון, ולא מימוש קונקרטי.
- **השלכות**. תוצאות וקשרי גומלין (trade-offs) של שימוש בתבנית. חשוב לצורך הערכה של חלופות תיכון והבנת העלות והתועלת של התבנית. השלכות על יעילות, גמישות, יכולת הרחבה ויבילות (portability).

מושגים שקשורים לתבניות תיכון

תבניות תיכון מטפלות ברמת ביניים בין שני סוגי התבניות הבאים (עפ"י Buschmann and al):

- תבניות ארכיטקטוניות: צורת ארגון בסיסית של מערכת תוכנה שלמה. מספקת אוסף תתי מערכות קבועות מראש, חלוקת אחריות, כללים והנחיות לארגון היחסים ביניהן.
- תבניות קידוד, או idioms. תבנית ברמה נמוכה, ספציפית לשפת תכנות מסוימת. מתאר איך לממש היבט מסוים של רכיבים ויחסים ביניהם בעזרת המבנים ששפת התכנות מספקת.

תבניות תיכון אמורות להיות בלתי תלויות בשפה, אבל התבניות של GoF (וגם אחרות) מתייחסות במיוחד לשפות מונחות עצמים (ופרט ב ++C).

תבניות תיכון ו Frameworks

Design patterns focus more on reuse of recurring architectural design themes, while frameworks focus on detailed design … and implementation." [Coplien, Schmidt, 1995]

- Framework (OO Software) הוא אוסף מחלקות קשורות זו לזו, שניתן להרחיב ו/או ליצור מופעים, כדי לממש יישום.
- תבנית תיכון מגדירה ארכיטקטורת תוכנה ניתנת לשימוש חוזר, שמספקת מבנה והתנהגות כלליים של משפחה של יישומים ממוחשבים.

תבניות תיכון ו Frameworks

- מספק מידע נוסף על שיתופי הפעולה בין המחלקות והשימוש בהן בתחום יישום מסוים.
- תבנית אינה יישום מלא שניתן להריץ, כי חסרים חלקים שיש להוסיף או להחליף כדי לקבל את הפונקציונליות הדרושה.
- תבניות תיכון יכולות לתאר את הקשרים בין מחלקות ב Framework
- Framework יכול להשתמש במספר תבניות תיכון

סיווג תבניות

- הספר של GoF מציג 23 תבניות שמחולקות לשלוש משפחות לפי המטרה שלהן:
  - תבניות ליצירה Creational: נוגעות לתהליך היצירה של עצמים.
  - תבניות מבנה Structural: עוסקות בהרכבה של מחלקות ועצמים.
  - תבניות התנהגות Behavioral: מאפיינות את הדרכים בהן מחלקות ועצמים מתקשרים ומחלקים אחריות.
- קלסיפיקציה נוספת מתייחסת לתחום העיסוק של תבנית – מחלקות או עצמים.
- בנוסף, ניתן להתייחס לקבוצות של תבניות שמופיעים בדרך כלל ביחד, או כאלה שמהווים חלופות שונות לפתרון בעיות דומות.

סיווג תבניות

		Purpose		
		Creational	Structural	Behavioral
Scope	Class	Factory Method (107)	Adapter (139)	Interpreter (243) Template Method (325)
	Object	Abstract Factory (87) Builder (97) Prototype (117) Singleton (127)	Adapter (139) Bridge (151) Composite (163) Decorator (175) Facade (185) Proxy (207)	Chain of Responsibility (223) Command (233) Iterator (257) Mediator (273) Memento (283) Flyweight (195) Observer (293) State (305) Strategy (315) Visitor (331)

תבניות יצירה

- Abstract Factory – יצירה של משפחות של מחלקות ללא ציון המחלקה הקונקרטית
  - לדוגמא: חלון ופס גלילה של יצרן מסוים
- Builder – הפרדת תהליך יצירה של עצם מורכב מהייצוג שלו, כך שניתן לחזור על אותו תהליך יצירה עבור עצמים ממחלקות שונות
  - לדוגמא: המרת מסמך מפורמט אחד למשנהו

תבניות יצירה

- Factory Method – הגדרת ממשק ליצירת עצמים תוך מתן אפשרות למחלקות נגזרת לקבוע את טיפוס העצם הנוצר
  - לדוגמא: היררכיה מקבילה של יישום ומסמך שהוא יוצר
- Prototype – יצירת עצמים חדשים ע"י שיבוט עצם קיים
  - לדוגמא: כפתור היוצר עצמים מוסיקליים

תבניות יצירה

- Singelton – יצירת מחלקה עם מופע יחיד
  - לדוגמא: Abstract Factory או שעון מערכת

תבניות מבנה

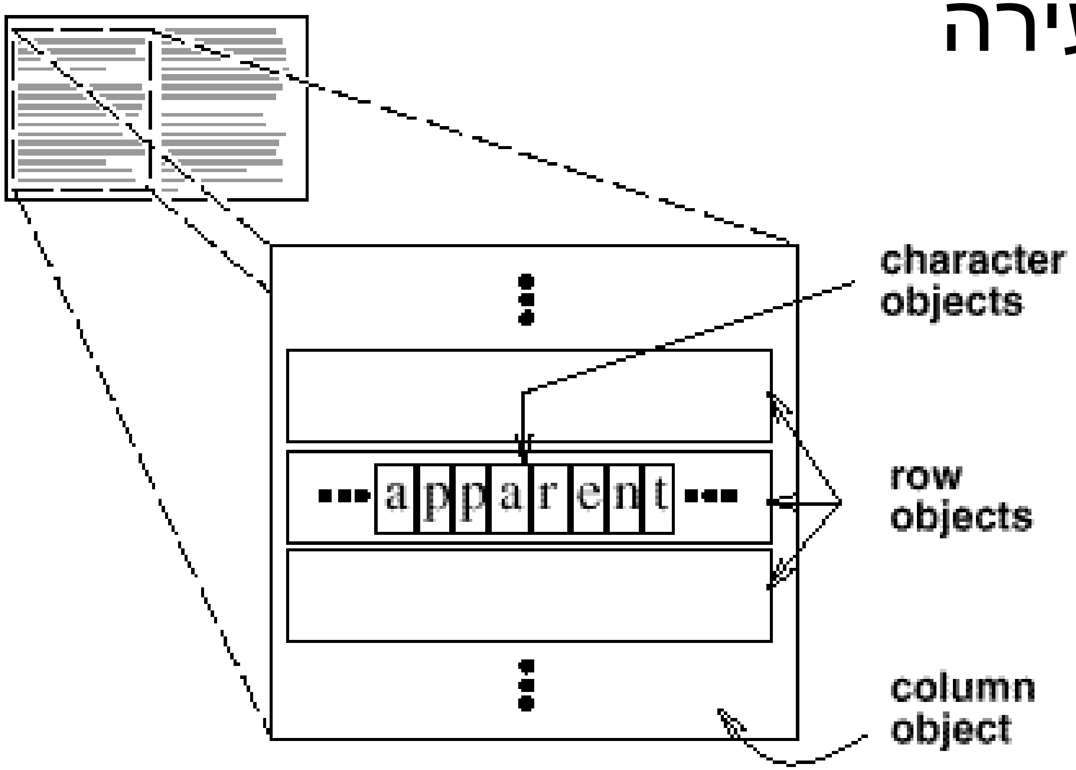
- Adapter – התאמת ממשק של מחלקה לממשק שלו מצפים הלקוחות שלה
  - לדוגמא: מחלקה להצגת טקסט המעוניינת להיות גם תת מחלקה של Shape כדי להיות מוצגת על המסך וגם להשתמש בלוגיקה המוגדרת ב TextView
- Bridge – מבטל את התלות בין ממשק ובין מימוש, המאפשר לכל אחד מהם מתפתח בצורה עצמאית
  - פיתוח היררכיה של מימושי חלונות במקביל לפיתוח היררכיה של סוגי חלונות

תבניות מבנה

- Composite – הצגת עצמים במבנה עץ ומתן ממשק אחיד לעצמים פשוטים ולעצמים מורכבים
  - לדוגמא: עצמים גרפים פרימיטיבים כגון: קווים, מלבנים ומלל ומורכבים כגון: תמונה
- Proxy – יוצר פונדקאי או שומר מקום לעצם כדי לפקח על הגישה אליו
  - לדוגמא: תמונות "כבדות" במסמך, מצביעים חכמים

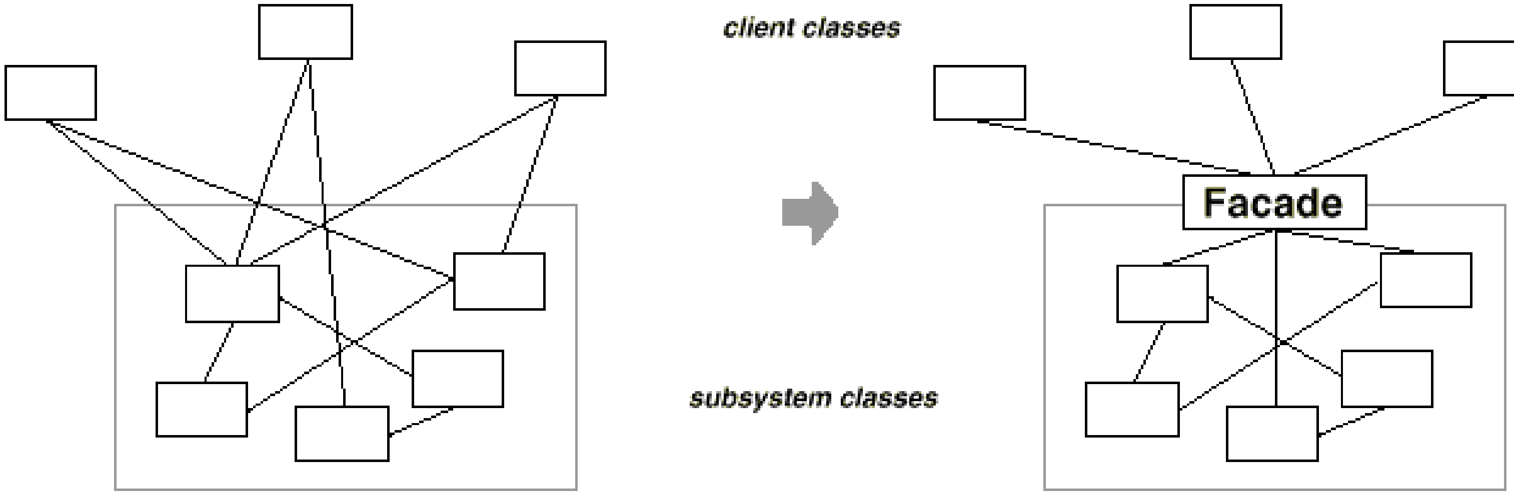
תבניות מבנה

- Flyweight – מאפשר שיתוף יעיל של עצמים מרובים בגרעיניות זעירה
  - לדוגמא: עצם לכל תו



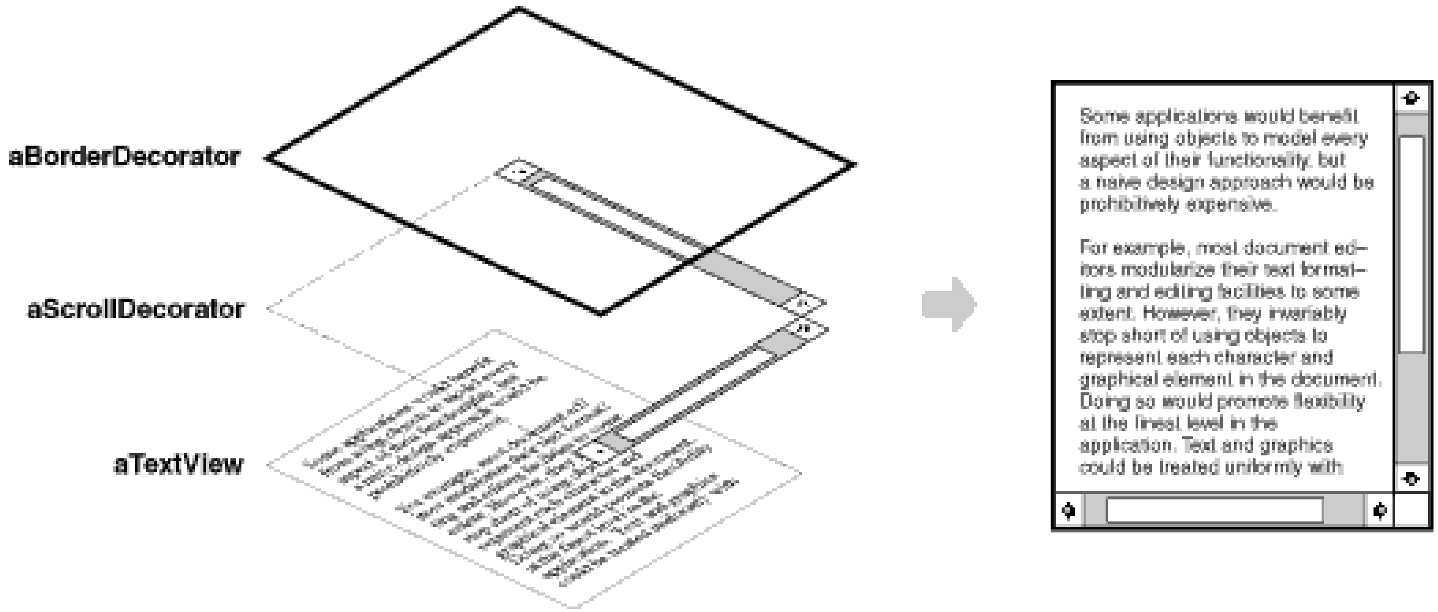
תבניות מבנה

- Facade – מתן ממשק אחיד לאוסף ממשקים בתוך תת מערכת. יוצר ממשק ברמת הרכיב ומפשט את השימוש בתת המערכת
  - לדוגמא: קומפיילר



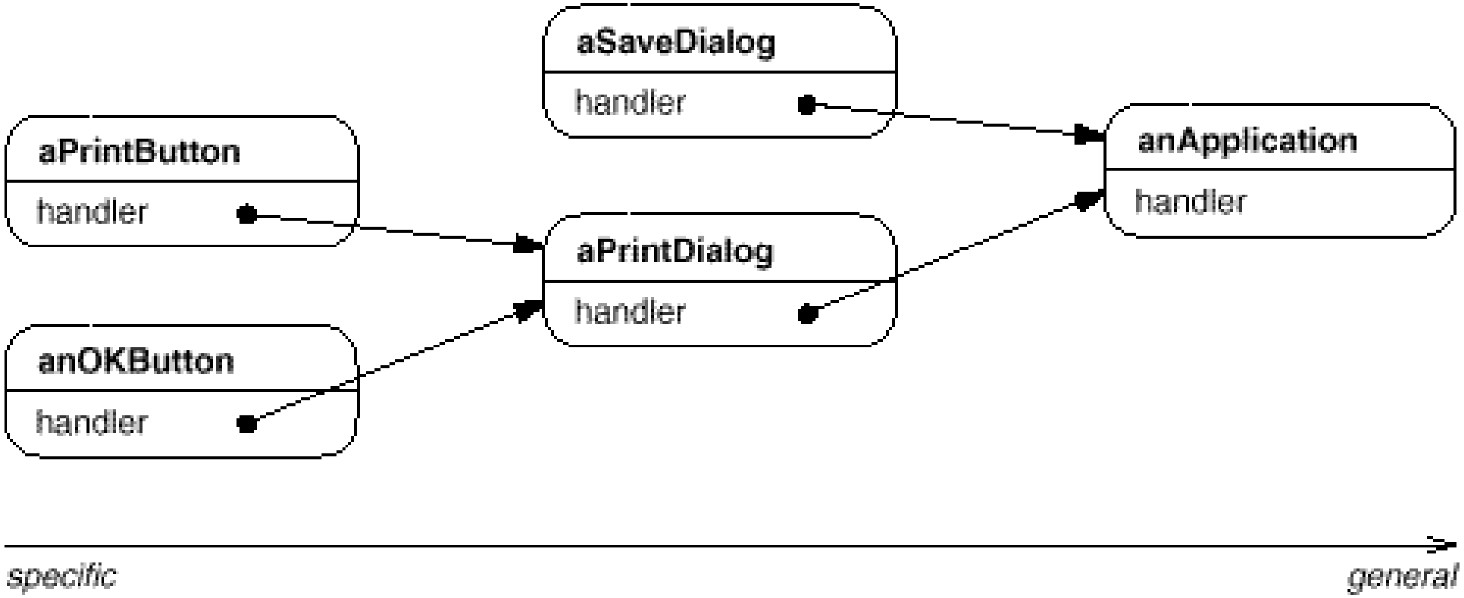
תבניות מבנה

- Decorator – הוספה דינאמית של תכונות שלא על ידי ירושה
  - לדוגמא: מסמך עם מסגרת ופס גלילה



תבניות התנהגות

- Chain of Responsibility - מניעת צימוד בין שולח ההודעה והנמען שלה ע"י מתן כמה נמענים אפשריים לטיפול בהודעה. הנמענים הפוטנציאלים ישורשרו זה לזה וההודעה תחלחל ביניהם עד לטיפולה
  - לדוגמא: בקשת Help עבור כפתור



תבניות התנהגות

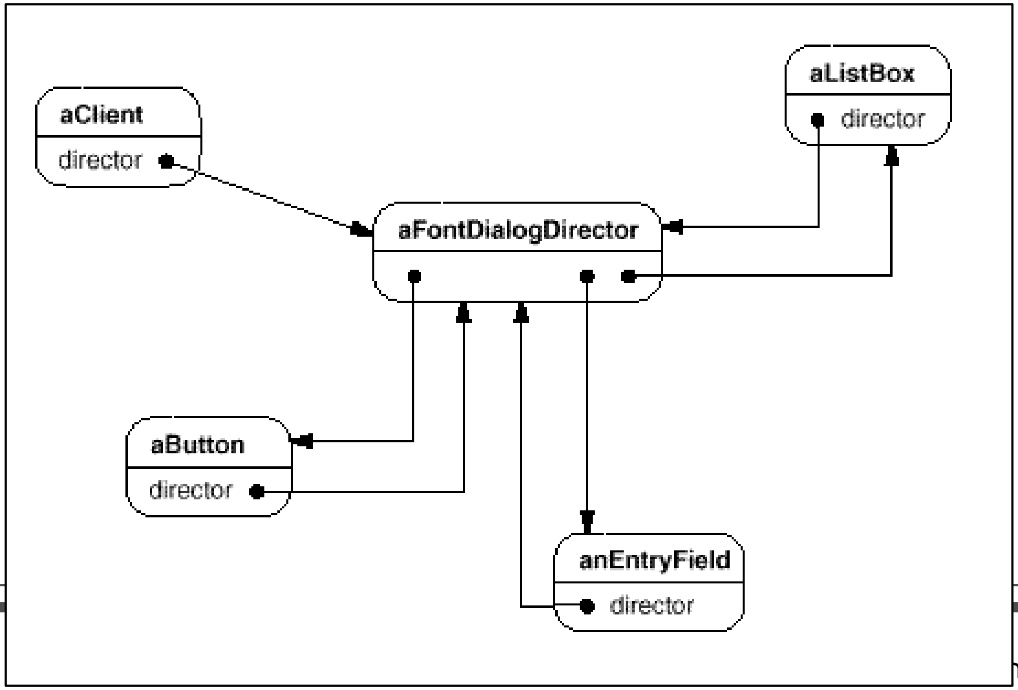
- Command – הכמסה של בקשה כעצם. לקוח עשוי לטפל במשתנה הודעה (מתודה!) לאגור בקשות, לסדר אותן בתור, ולבצע פעולת UNDO
  - לדוגמא: בתפריט כללי אין את הלוגיקה לשליחת הודעה מסוימת
- Interpreter – בהינתן שפה נגדיר ייצוג של הדקדוק שלה בד בבד עם מפרש השפה
  - לדוגמא: שפת ביטויים רגולרים

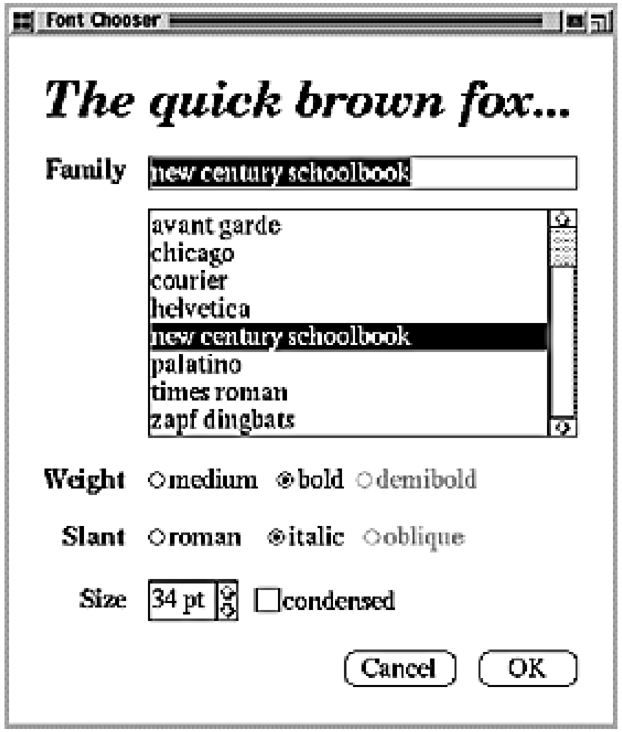
תבניות התנהגות

- Iterator – מתן דרך לגשת לאברי עצם מוכל בצורה סדרתית ללא חשיפת הייצוג של העצם המוכל
  - לדוגמא: איטרטור רשימה, עץ וכו'
- Memento – מאפשר לעצם לייצא את המצב שלו לצורך שימוש עתידי ללא פגיעה בעקרון ההכמסה
  - לדוגמא: פעולת UNDO

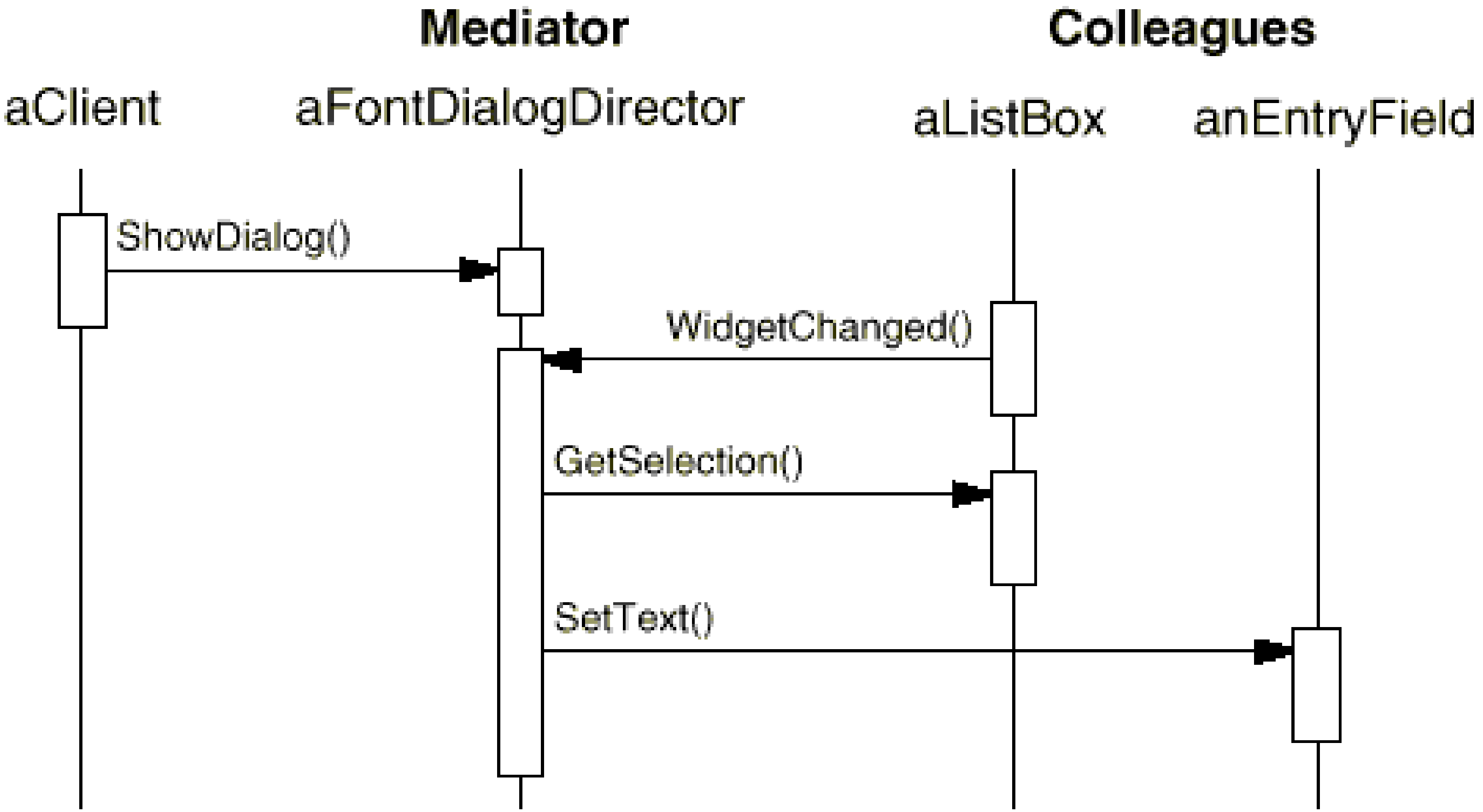
תבניות התנהגות

- Mediator – הגדרת עצם המכמיס את הצורה שבה עצמים מתקשרים. המתווך מקטין את התלות בין העצמים ע"י מניעת תקשורת מפורשת בינהם





תבניות התנהגות



תבניות התנהגות

- Observer – הגדרת תלות של יחיד-רבים בין עצמים כך שלאחר שינוי ביחיד כל צופיו מיודעים ומעודכנים בצורה אוטומטית
  - לדוגמא: MVC, שעון מערכת ושעון תצוגה
- State – מאפשר לעצם לשנות את התנהגותו כתוצאה משינוי במצבו הפנימי. העצם יראה כאילו הוא החליף מחלקה
  - לדוגמא: TCPConnection

תבניות התנהגות

- Strategy – הגדרה של משפחה של אלגוריתמים, הכמסה שלהם, ומתן אפשרות להחלפה בינהם
  - לדוגמא: שבירת שורות ארוכות במסמך הנוצר מזרם

- Template Method - הגדרה שלד אלגוריתם תוך דחיית כמה צעדים למחלקות נגזרת. מחלקות נגזרת יכולות להגדיר מחדש מקטעים ללא צורך להגדיר מחדש את כל האלגוריתם
  - לדוגמא: פתיחת מסמך ביישום ללא תלות בסוג המסמך או היישום בפועל

תבניות התנהגות

- Visitor – מייצג פעולה שיש לבצע על עצמים במבנה נתון. התבנית מאפשר להגדיר פעולות חדשות ללא צורך בשינוי המחלקות של העצמים במבנה
  - לדוגמא: עצי גזירה של שפות

תבניות תיכון נבחרות

(חלק ראשון)

Model View Controller

- גישה לבניית מנשקים גראפיים שהוצעה בסמולטוק 80, ואומצה גם ע"י מפתחים בשפות וסביבות אחרות.
- יישום בנוי משלושה סוגים של עצמים:
- מודל Model: עצם של היישום.
- מראה View: הצגה של המודל על המסך.
- בקר Controller: מגדיר את הדרך שבה המנשק מגיב לקלט של המשתמש.
- גישה זאת עדיפה על טיפול בשלושת המרכיבים האלה ביחד.
- MVC משפר את הגמישות ואת השימוש החוזר.

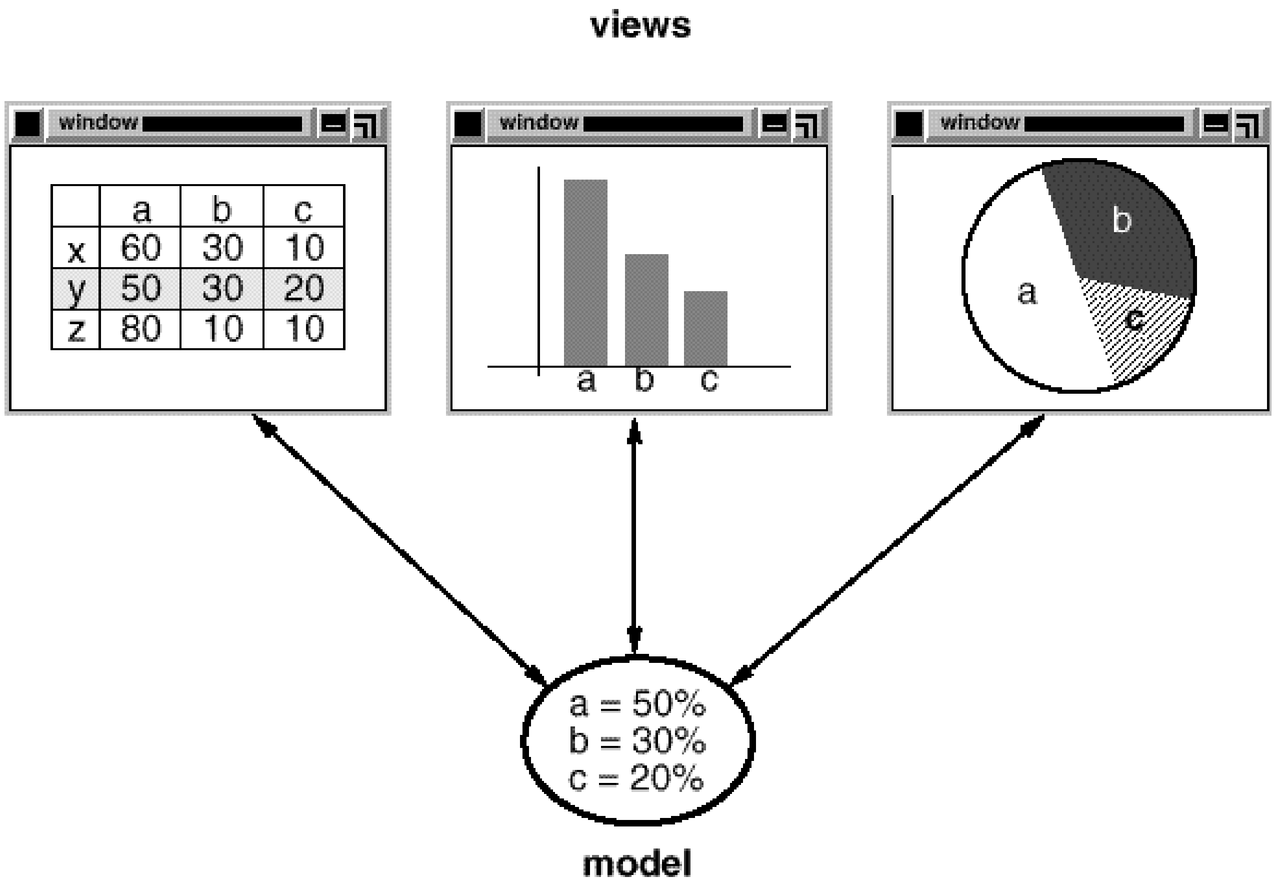
מודל לעומת מראה

- נניח בינתיים שאין בקר.
- למודל יכולים להיות מספר מראות.
- רוצים ליצור הפרדה בין המראה למודל באמצעות פרוטוקול:
  - המראה שולח ראשית בקשה להתחבר למודל (להירשם כמנוי).
  - כאשר המצב של המודל משתנה, הוא שולח לכל המנויים הודעה על השינוי.
  - כל מראה מעדכן את עצמו.
- נשתמש בתבנית Observer (יש לה גם שימושים נוספים)

תבנית התיכון Observer

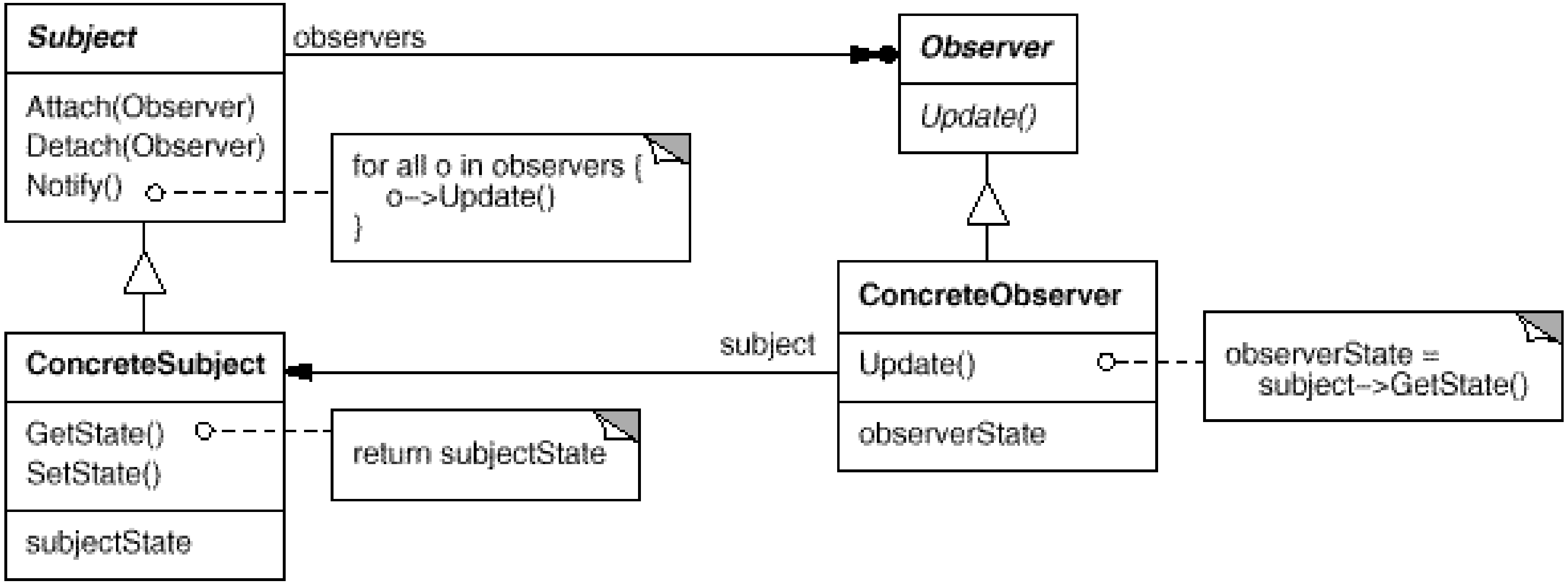
- מטרה: להגדיר תלות של אחד לרבים בין עצמים, כך שכאשר האחד משנה את מצבו, העצמים התלויים מקבלים הודעה ומתעדכנים אוטומטית. (תבנית התנהגות).
- מוטיבציה: לשמור על עקביות בין עצמים קשורים, בלי לגרום לצימוד חזק מדי.
- ישימות:
- כאשר להפשטה יש שני הבטים, אחד תלוי בשני. עצמים נפרדים מקלים על שינוי ושימוש חוזר.
- כאשר שינוי בעצם אחד דורש שינוי במספר לא ידוע של עצמים.
- כאשר עצם יכול להודיע לעצמים אחרים בלי להניח משהו עליהם.

תבנית התיכון Observer - מוטיבציה



תבנית התיכון Observer– מבנה

- נשתמש בתרשים המחלקות:

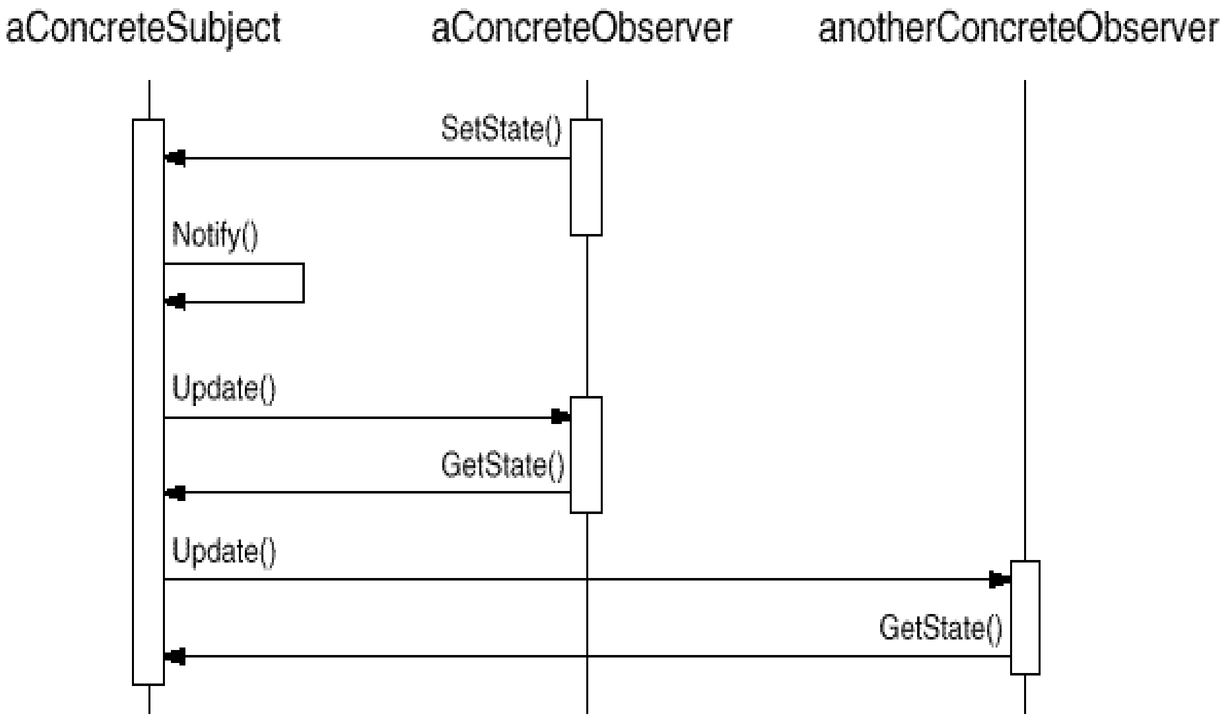


תבנית התיכון Observer - משתתפים

- Subject– שומר רשימה של Observers. מייצא פעולות להוספה והשמטה של Observers. כולל פעולת notify ששולחת הודעת עדכון לכל ה Observers.
- Observer– מייצא פעולה מופשטת של עדכון.
- ConcreteSubject– יורש מ Subject, שומר מצב, קורא ל notify כאשר המצב משתנה.
- ConcreteObserver– יורש מ Observer, מחזיק התייחסות ל ConcreteSubject, מממש את פעולת העדכון.
- הערה (לגבי כל תבניות התיכון): שמות המשתתפים בתבנית מתארים את תפקידי המחלקות בתבנית. שמות המחלקות במערכת יהיו בדרך כלל שונים, ויבטאו את התפקיד הכללי יותר של המחלקה.

תבנית התיכון Observer
שיתוף פעולה

- נשתמש ב sequence diagram



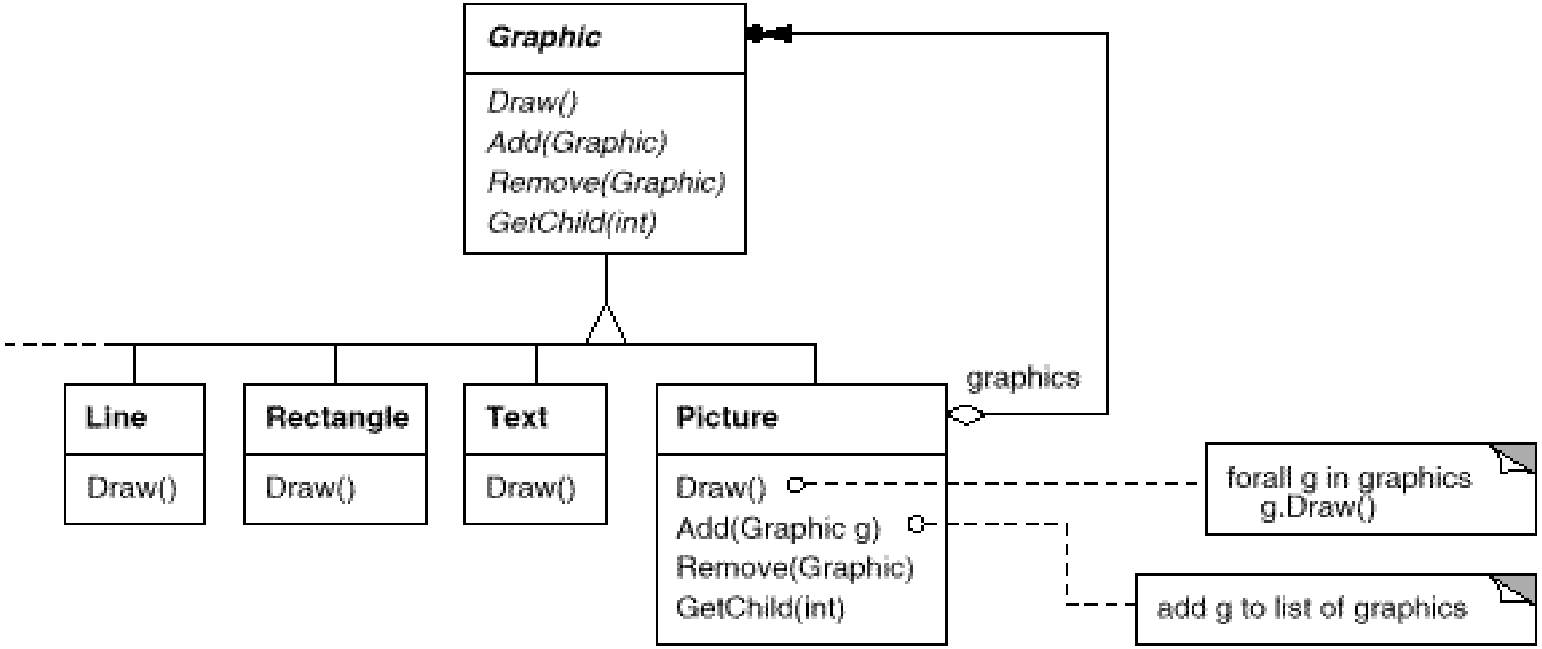
המשך –Model View Controller

- מראות (Views) יכולים להיות מקוננים.
- לדוגמא, לוח בקרה מכיל כפתורים.
- מראה מורכב מתנהג בדיוק כמו עצם מראה רגיל.
- נשתמש בתבנית התיכון Composite (שימושית בהרבה הקשרים נוספים).

תבנית התיכון Composite

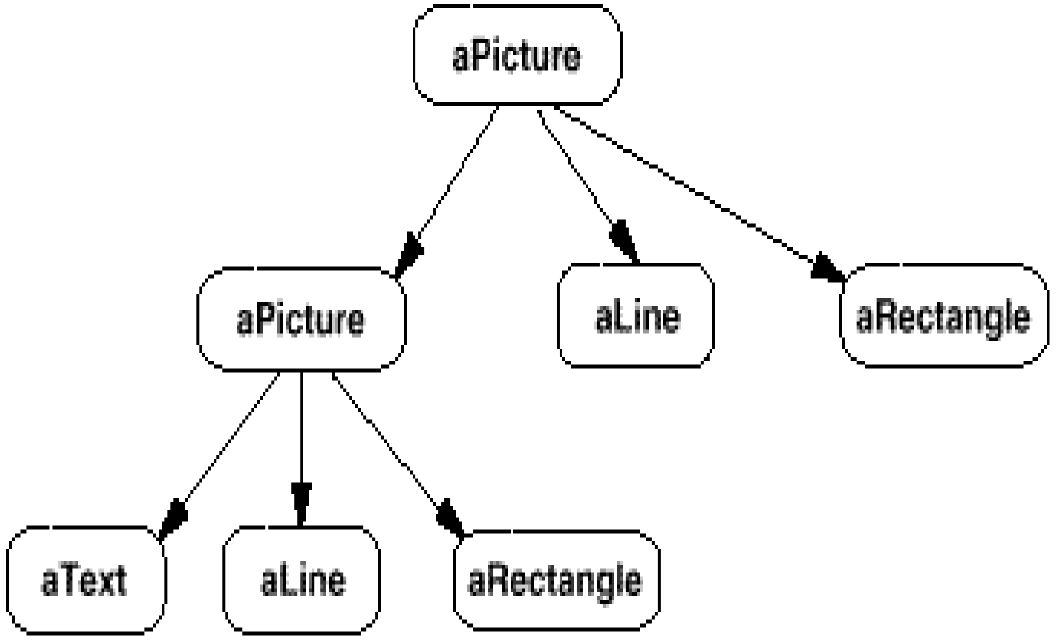
- מטרה: להרכיב עצמים למבני עץ שמייצגים את ההיררכיה של היחס חלק-שלם. לאפשר ללקוחות לטפל בעצמים בודדים ובהרכבות באופן אחיד. (תבנית מבנה).
- דוגמא: עצמים גרפיים.
- ישימות:
  - כאשר רוצים לממש יחס חלק-שלם.
  - כאשר רוצים לאפשר ללקוחות להתעלם מהבדלים בין עצמים מורכבים לעצמים בודדים.

תבנית התיכון Composite
דוגמא

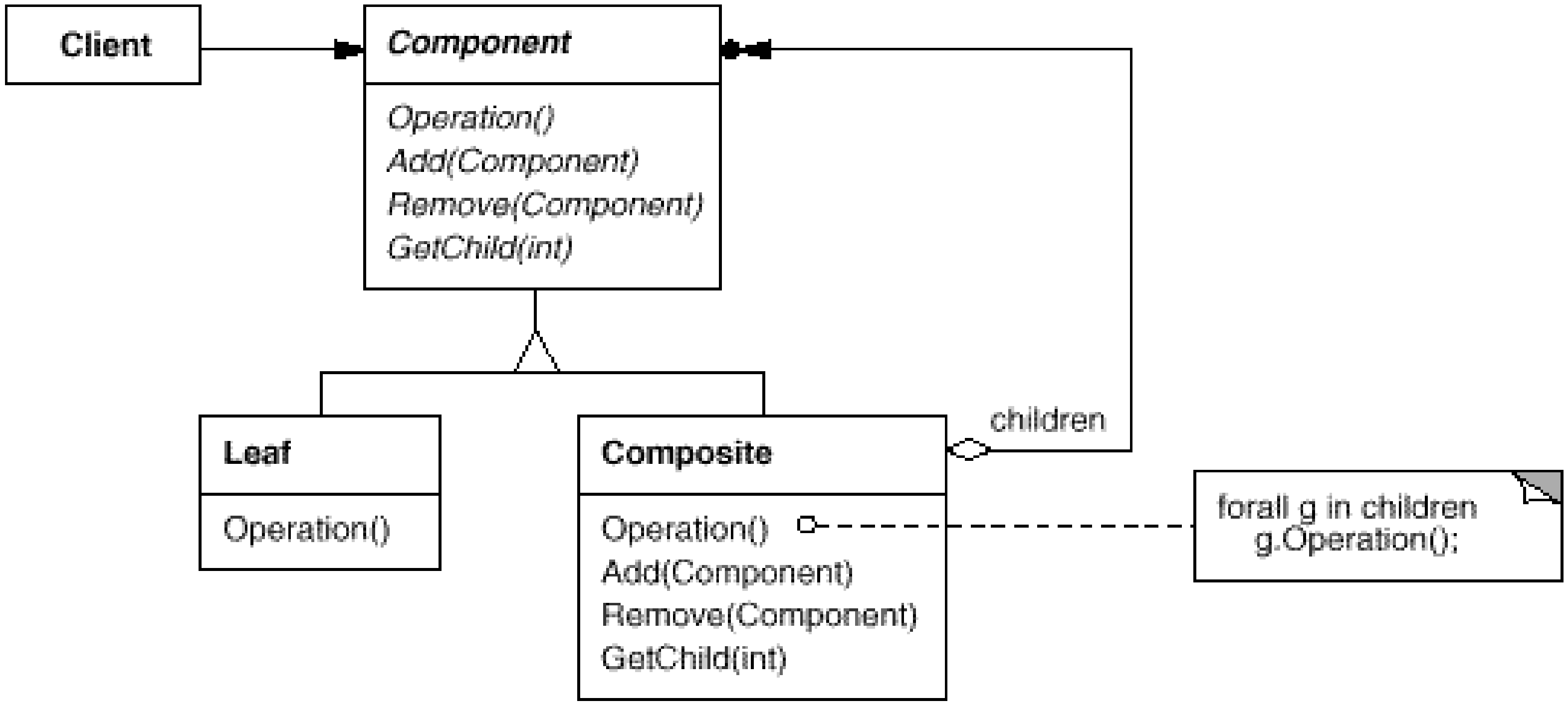


תבנית התיכון Composite - דוגמא

- דוגמא למבנה של ציור



תבנית התיכון Composite - מבנה



תבנית התיכון Composite משתתפים

- Component – מגדיר מנשק לעצמים בהרכבה. מיישם ברירת מחדל לפעולות המשותפות. מגדיר מנשק לגישה לרכיבים הילדים.
- Leaf – (אחדים) – יורש מ Component. מייצג רכיבי עלה. מיישם התנהגות לעצמים הפרימיטיביים.
- Composite (אחדים?) - יורש מ Component. מייצג רכיבים מורכבים. מיישם פעולות על הילדים ע"י איטרציה על רשימת הרכיבים הכלולה בו.
- Client – לקוח של Component , מבצע פעולות על עצמים רק דרך מנשק ה Component .

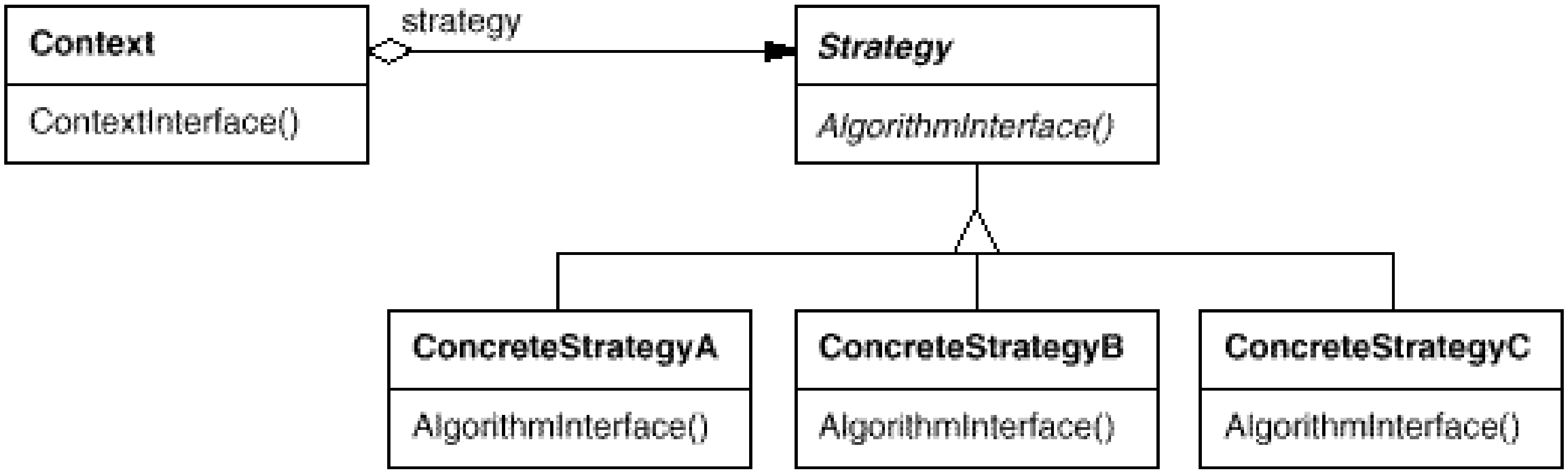
המשך – Model View Controller

- הבקר משמש להכמסה של מנגנון התגובה: איך מראה מגיב לקלט של המשתמש.
- מאפשר שנויים בצורת התגובה בלי לשנות את המראה.
- לדוגמא, החלפת כפתורים לפקודות בתפריט.
- שינוי כזה אפשרי אפילו בזמן ריצה.
- היחס בין מראה לבקר הוא דוגמא לתבנית התיכון Strategy

תבנית התיכון Strategy

- מטרה: לספק הכמסה למשפחה של אלגוריתמים ולעשותם ברי החלפה. לאפשר לאלגוריתמים להשתנות באופן בלתי תלוי בלקוחות. (תבנית התנהגות).
- מוטיבציה:
  - הסרת האלגוריתם מפשטת את הלקוחות.
  - מדיניות שונה בזמנים שונים.
- ישימות:
  - כאשר אוסף מחלקות שונות זו מזו רק בהתנהגות.
  - יש צורך בחלופות (למשל שוני בזמן/זכרון).
  - האלגוריתם צריך להסתיר נתונים מורכבים.
  - להוציא התנהגות מותנית מהמחלקה

תבנית התיכון Strategy - מבנה



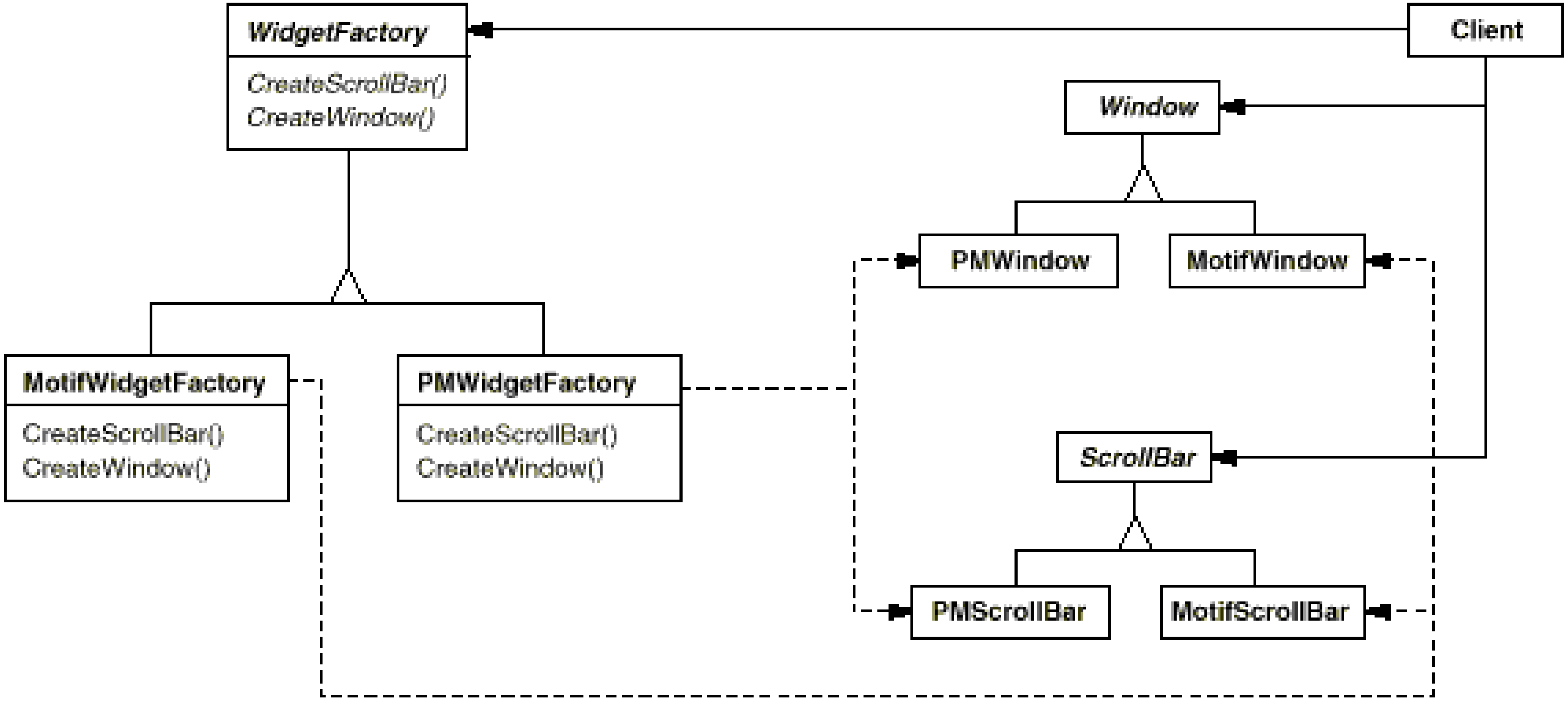
תבנית התיכון Strategy – משתתפים

- Strategy – מגדיר מנשק משותף לכל האלגוריתמים הנתמכים.
- ConcreteStrategy (אחדים) – מספק מימוש של האלגוריתם בהתאם למנשק Strategy
- Context – לקוח של Strategy . בזמן ריצה, ההתייחסות היא לעצם מטיפוס של אחד מ ConcreteStrategy .

תבנית התיכון Abstract Factory

- מטרה: לספק מנשק ליצירת משפחה של עצמים קשורים, בלי לקבוע את המחלקות המוחשיות.
- דוגמא: יישום מבוסס חלונות שצריך לרוץ על מספר מערכות חלונות תוך תלות מינימלית במערכת החלונות.
- כללית – יש מספר מוצרים ומספר גירסאות (או משפחות)ץ כל מוצר זמין בכל המשפחות. המערכת משתמשת במוצרים ממשפחה אחת, אך התלות במשפחה צריכה להיות מזערית

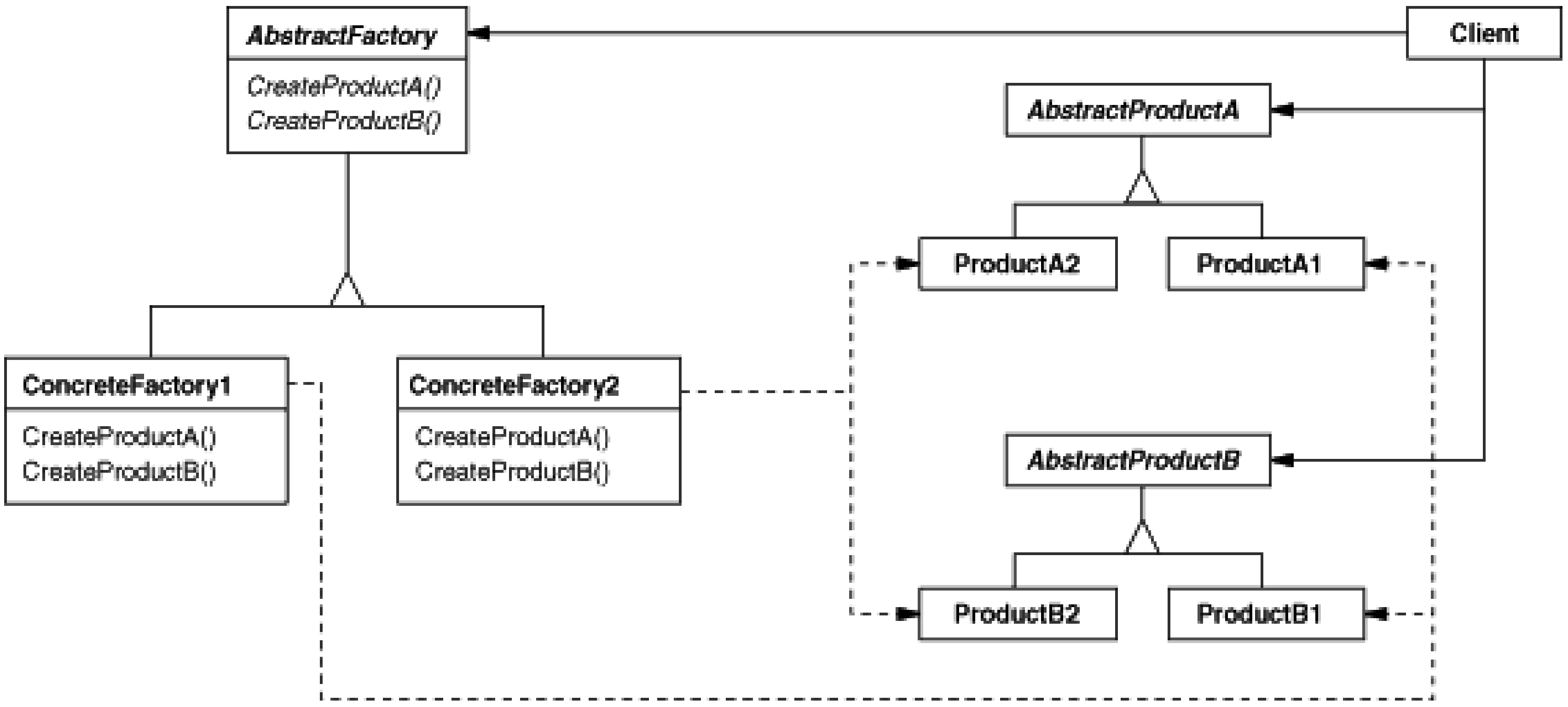
תבנית תיכון Abstract Factory - דוגמא



תבנית תיכון Abstract Factory - ישימות

- כאשר מערכת צריכה להיות תלויה באופן שבו מוצרים נוצרים, מורכבים ומיוצגים.
- כאשר המערכת צריכה להיות מקונפגת לאחת מבין מספר משפחות של מוצרים.
- כאשר משפחה של מוצרים מתוכננת לעבוד ביחד, ועלינו לאכוף זאת.
- כאשר רוצים לספק ספריה של מוצרים, ולגלות רק את המנשקים.

תבנית תיכון Abstract Factory - מבנה



תבנית תיכון Abstract Factory משתתפים

- AbstractFactory
  - מגדיר שרותים מופשטים ליצירת כל נמוצרים המופשטים.
- ConcreteFactory |(N גרסאות)
  - יורש מ AbstractFactory ומיישם את השרותים ליצירת מוצרים מוחשיים.
- AbstractProduct (M גרסאות)
  - מגדיר מנשק לטיפוס של מוצר.
- ConcrteteProduct (N*M גרסאות)
  - יורש מ AbstractProduct מסוים, ומיישם את הממשק.
  - מיועד להווצר ע"י ConcreteFactory מסוים.

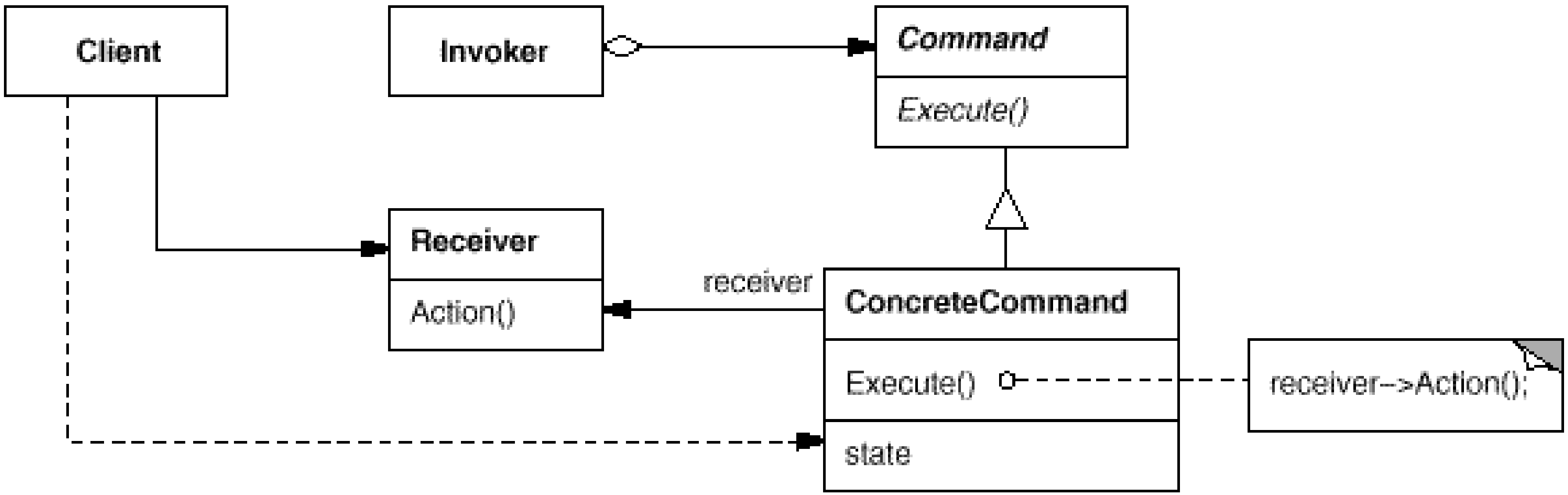
תבנית תיכון Abstract Factory משתפים (המשך)

- Client - לקוח של AbstractFactory ושל מספר AbstractProduct. שתי אפשרויות:
  - משתמש ב AbstractProduct אחד בלבד, וכדי להחליפו יש לשנות מקום אחד בקוד ולקמפל.
  - תומך ביותר מ AbstractProduct אחד. משתמש בפיצול (משפט switch) במקום אחד לכל היותר ביצירת עצם בית החרושת.

תבנית התיכון Command

- מטרה: להגדיר מנשק לצורך ביצוע פעולה. (תבנית התנהגות).
- ישימות:
  - פרמטריזציה של עצמים על פי הפעולה שיש לבצע. תחליף מונחה עצמים למנגנון של callback .
  - לאפיין, לצבור ולבצע בקשות בזמנים שונים, אולי בתהליך נפרד.
  - תמיכה ב undo ו redo
  - לשמור רשימת פעולות לביצוע כאשר מחלימים מקריסת מערכת.
  - לבנות מערכת סביב פעולות ברמה גבוהה הבנויות מפעולות פרימיטיביות (טרנסקציות).

תבנית התיכון Command – מבנה



תבנית התיכון Command – משתתפים

- Command – מגדיר ממשק לביצוע פעולה.
- ConcreteCommand – יוצר קשירה בין עצם Receiver לבין פעולה. מממש שרות execute ע"י הפעלת פעולה או פעולות של ה Receiver.
- Client – יוצר עצם ConcreteCommand וקובע את ה Receiver שלו.
- Invoker – מבקש מה Command לבצע את הפקודה המתבקשת.
- Receiver – יודע כיצד לבצע את הפעולות הדרושות לביצוע פקודה מבוקשת. כל מחלקה יכולה להוות Receiver.

סיכום תבניות תיכון

- פתרון מקובל לבעית תיכון נפוצה בתכנות מונחה עצמים.
- מבנה כללי שיש להשתמש בו כשממשים חלק מתכנית.
- נסיון מצטבר שניתן ללמוד ועוזר לתקשורת בין מהנדסי תוכנה.
- ראינו חלק קטן מהתבניות מהספר של GoF .
- יישום לדוגמא בשפת תכנות נתונה (למשל ג'אוה).
- בעשור האחרון הוצעו כמה מאות תבניות, לא כולן חשובות באותה מידה.
- השימוש בתבניות חדר גם למושגים אחרים בהנדסת תוכנה, וגם בתחומים אחרים.
- תבניות ואנטי תבניות.