תכנות מונחה עצמים בשפת C++

אוהד ברזילי

אוניברסיטת תל אביב

תבניות תיכון - המשך (Design Patterns)

המצגת מבוססת על הספר:

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

כל הזכויות שמורות למחברים

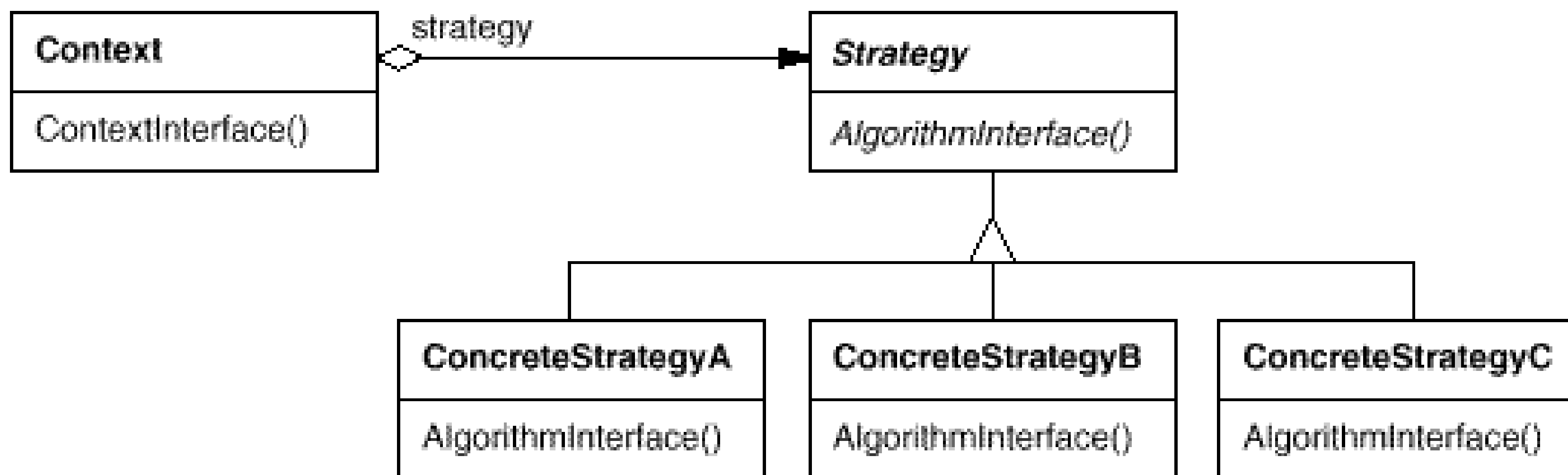
סיווג תבניות

		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)

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
השפעה על קוד התוכנית

- החלפה 'נאיבית' של אלגוריתמים:

```
void Composition::Repair () {
  switch (_breakingStrategy) {
  case SimpleStrategy:
      ComposeWithSimpleCompositor();
      break;
  case TeXStrategy:
      ComposeWithTeXCompositor();
      break;
  // ...
  }
  // merge results with existing composition, if
  // necessary
}
```

תבנית התיכון Strategy
השפעה על קוד התוכנית

- התבנית strategy מייתרת את ה switch:

```
void Composition::Repair ()
{
  _compositor->Compose();
  // merge results with existing
  // composition, if necessary
}
```

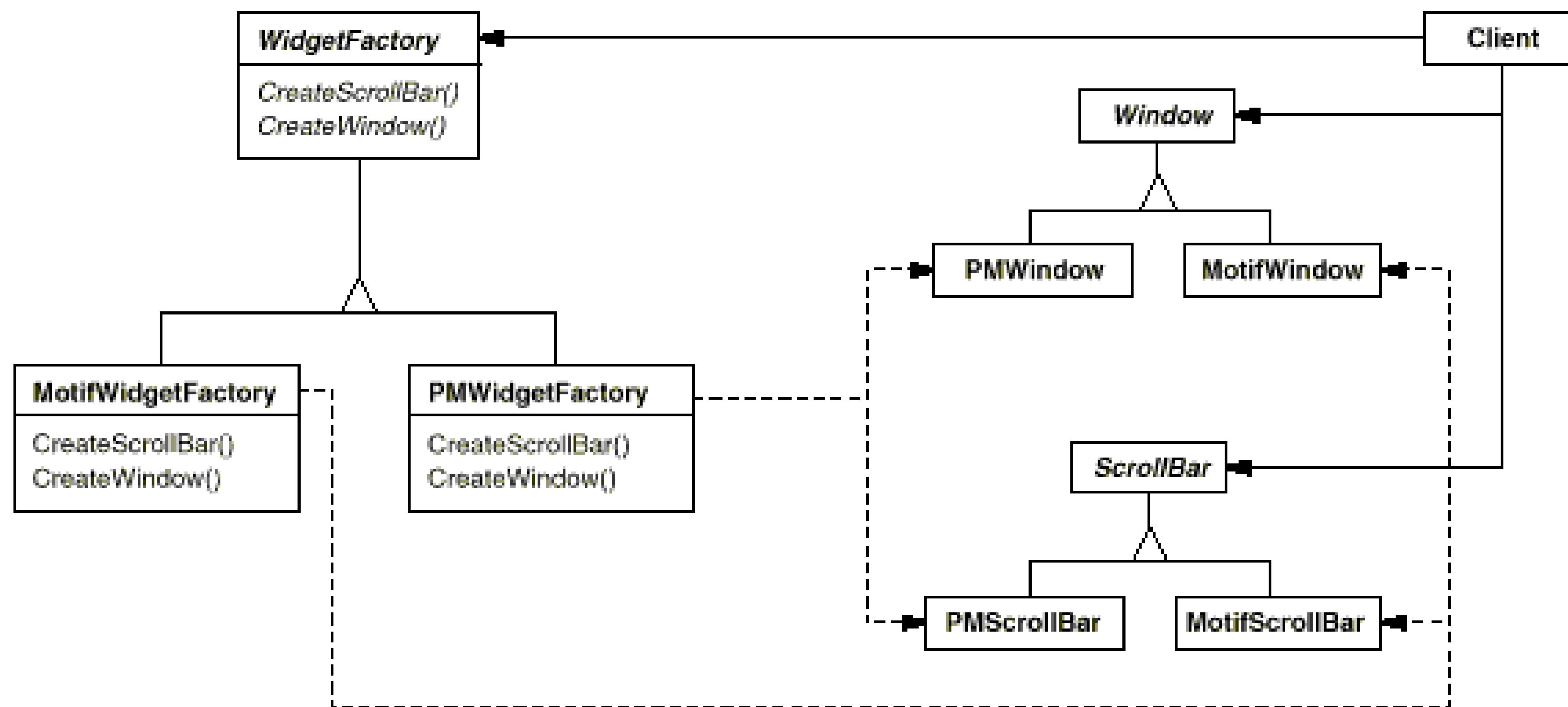
תבנית התיכון Strategy – משתתפים

- 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) כל מוצר זמין בכל המשפחות. המערכת משתמשת במוצרים ממשפחה אחת, אך התלות במשפחה צריכה להיות מזערית

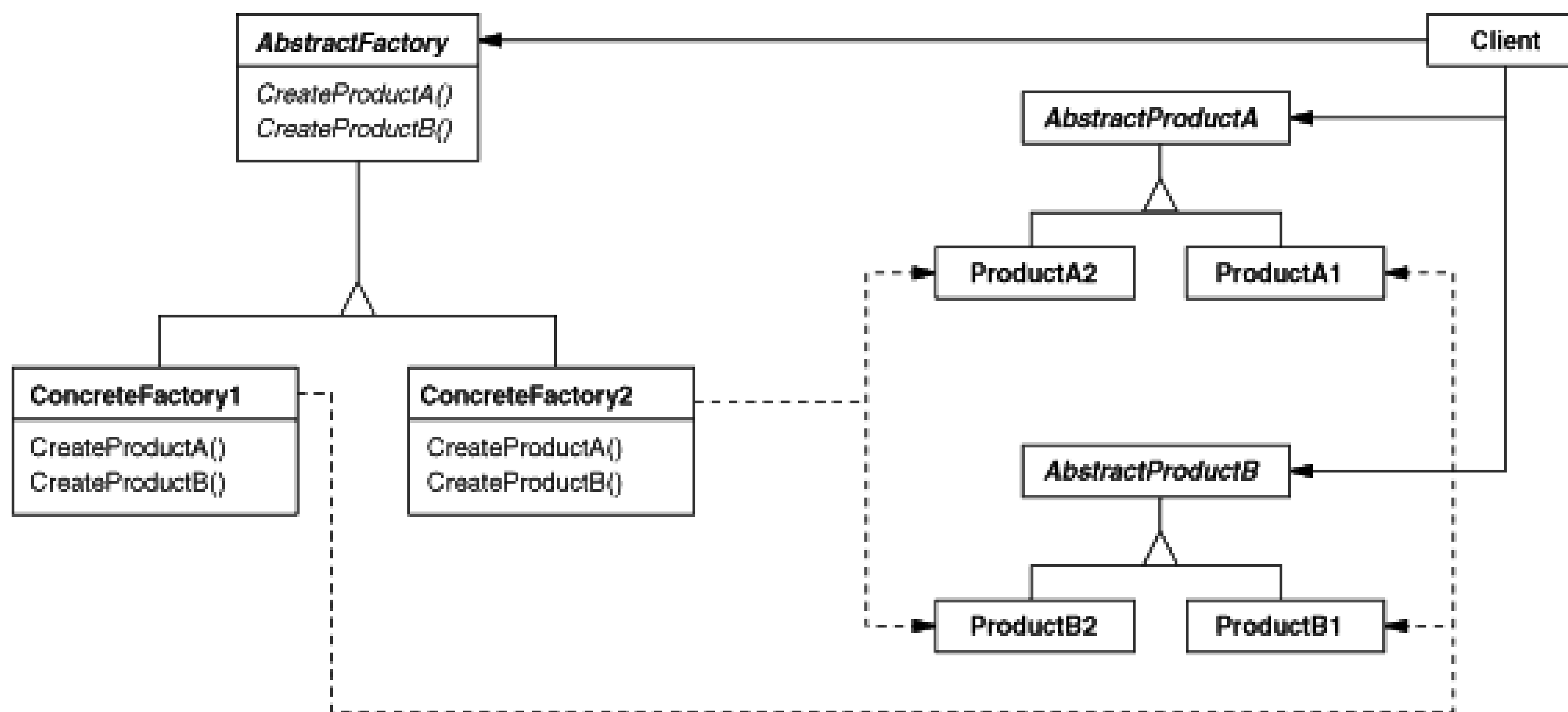
תבנית תיכון Abstract Factory - דוגמא



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

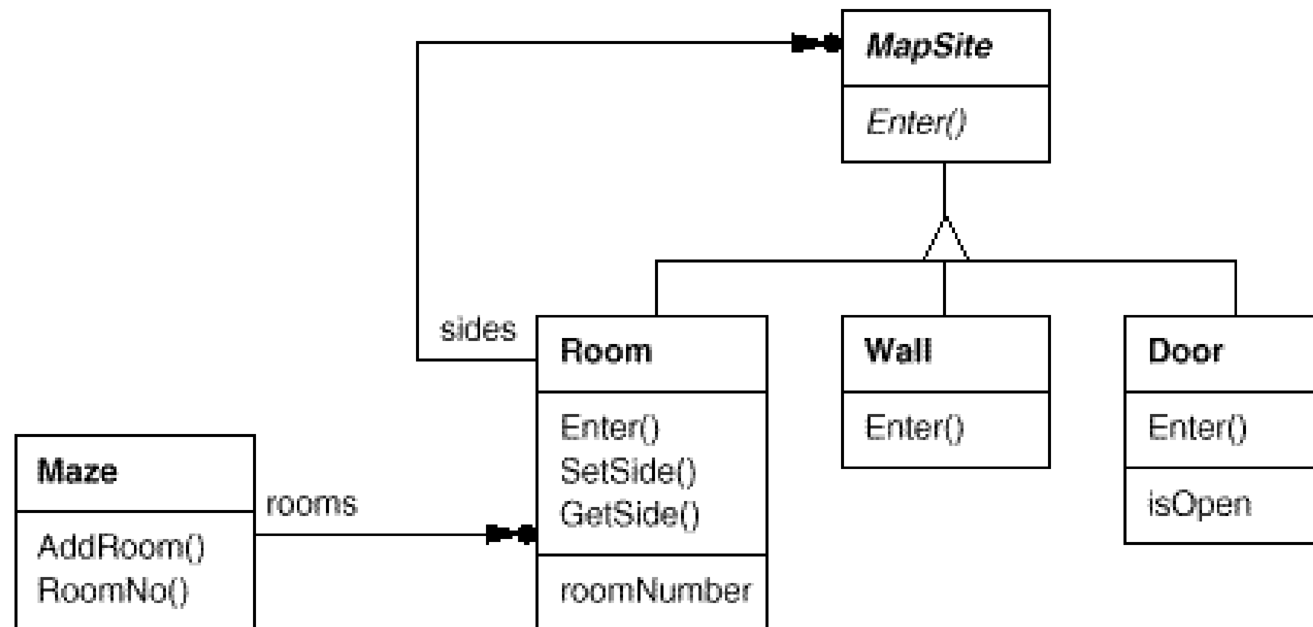
- AbstractFactory
  - מגדיר שרותים מופשטים ליצירת כל המוצרים המופשטים.
- ConcreteFactory (N גרסאות)
  - יורש מ AbstractFactory ומיישם את השרותים ליצירת מוצרים מוחשיים.
- AbstractProduct (M גרסאות)
  - מגדיר מנשק לטיפוס של מוצר.
- ConcrteteProduct (N*M גרסאות)
  - יורש מ AbstractProduct מסוים, ומיישם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

תבנית תיכון Abstract Factory משתתפים (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.

דוגמא

- נניח שאנו מתכננים משחק מבוך:




```
enum Direction {North, South, East, West};
```

דוגמא - מבוך

```
class Room : public MapSite
{
public:
   Room(int roomNo);
   MapSite* GetSide(Direction) const;
   void SetSide(Direction, MapSite*);
   virtual void Enter();

private:
   MapSite* _sides[4];
   int _roomNumber;
};
```

דוגמא - מבוך

```
class Wall : public MapSite
{
public:
   Wall();

   virtual void Enter();
};
```

```
class Door : public MapSite
{
public:
   Door(Room* = 0, Room* = 0);
   virtual void Enter();
   Room* OtherSideFrom(Room*);

private:
   Room* _room1;
   Room* _room2;
   bool _isOpen;

};
```

דוגמא - מבוך

- המחלקה Maze משמשת מיכל ל MapSites
- כדי לתאר משחק מסוים נגדיר את מהחלקה MazeGame שתאתחל Maze בהרכב מסוים של חדרים ודלתות

דוגמא - מבוך

```
Maze* MazeGame::CreateMaze ()
{
   Maze* aMaze = new Maze;
   Room* r1 = new Room(1);
   Room* r2 = new Room(2);
   Door* theDoor = new Door(r1, r2);

   aMaze->AddRoom(r1);
   aMaze->AddRoom(r2);

   r1->SetSide(North, new Wall);
   r1->SetSide(East, theDoor);
   r1->SetSide(South, new Wall);
   r1->SetSide(West, new Wall);

   r2->SetSide(North, new Wall);
   r2->SetSide(East, new Wall);
   r2->SetSide(South, new Wall);
   r2->SetSide(West, theDoor);

   return aMaze;
}
```

דוגמא - מבוך

- המתודה CreateMaze לא מתאימה להתפתחות עתידית של משחק המבוך
- אם נרצה בעתיד להוסיף אולי EnchantedMaze שיתמוך בדלתות מכושפות או BombedMaze שיתמוך בחדרים ממולכדים נצטרך להחליף את כל הפונקציה מכיוון שהיא יוצרת מפורשות חדרים ודלתות פשוטים
- הוספת AbstractMazeFactory מכלילה את תהליך יצירת המבוך לתמיכה במשפחות מוצרים עתידיות

מפעל למבוכים

```
class MazeFactory {
public:
   MazeFactory();

   virtual Maze* MakeMaze() const
   { return new Maze; }

   virtual Wall* MakeWall() const
   { return new Wall; }

   virtual Room* MakeRoom(int n) const
   { return new Room(n); }

   virtual Door* MakeDoor(Room* r1, Room* r2) const
   { return new Door(r1, r2); }
};
```

מבוך עם מפעל

```
Maze* MazeGame::CreateMaze (MazeFactory& factory) {
  Maze* aMaze = factory.MakeMaze();
  Room* r1 = factory.MakeRoom(1);
  Room* r2 = factory.MakeRoom(2);
  Door* aDoor = factory.MakeDoor(r1, r2);

  aMaze->AddRoom(r1);
  aMaze->AddRoom(r2);

  r1->SetSide(North, factory.MakeWall());
  r1->SetSide(East, aDoor);
  r1->SetSide(South, factory.MakeWall());
  r1->SetSide(West, factory.MakeWall());
```

מבוך עם מפעל

```
    r2->SetSide(North, factory.MakeWall());
    r2->SetSide(East, factory.MakeWall());
    r2->SetSide(South, factory.MakeWall());
    r2->SetSide(West, aDoor);

    return aMaze;
}
```

- נשווה את יצירת המבוך עם המבוך המקורי
- פתרון זה הוא כללי יותר מכיוון שבפועל ניתן להעביר לפונקציה מפעל מכושף במקום המפעל המופשט -

מפעל מכושף

```
class EnchantedMazeFactory : public MazeFactory {
public:
   EnchantedMazeFactory();

   virtual Room* MakeRoom(int n)  const
   { return new EnchantedRoom(n, CastSpell()); }

   virtual Door* MakeDoor(Room* r1, Room* r2)  const
   { return new DoorNeedingSpell(r1, r2); }

protected:
   Spell* CastSpell() const;
};
```

מפעל ממולכד

- או מפעל למבוך ממולכד:

```
Wall* BombedMazeFactory::MakeWall () const
{ return new BombedWall; }

Room* BombedMazeFactory::MakeRoom(int n) const
{ return new RoomWithABomb(n); }
```

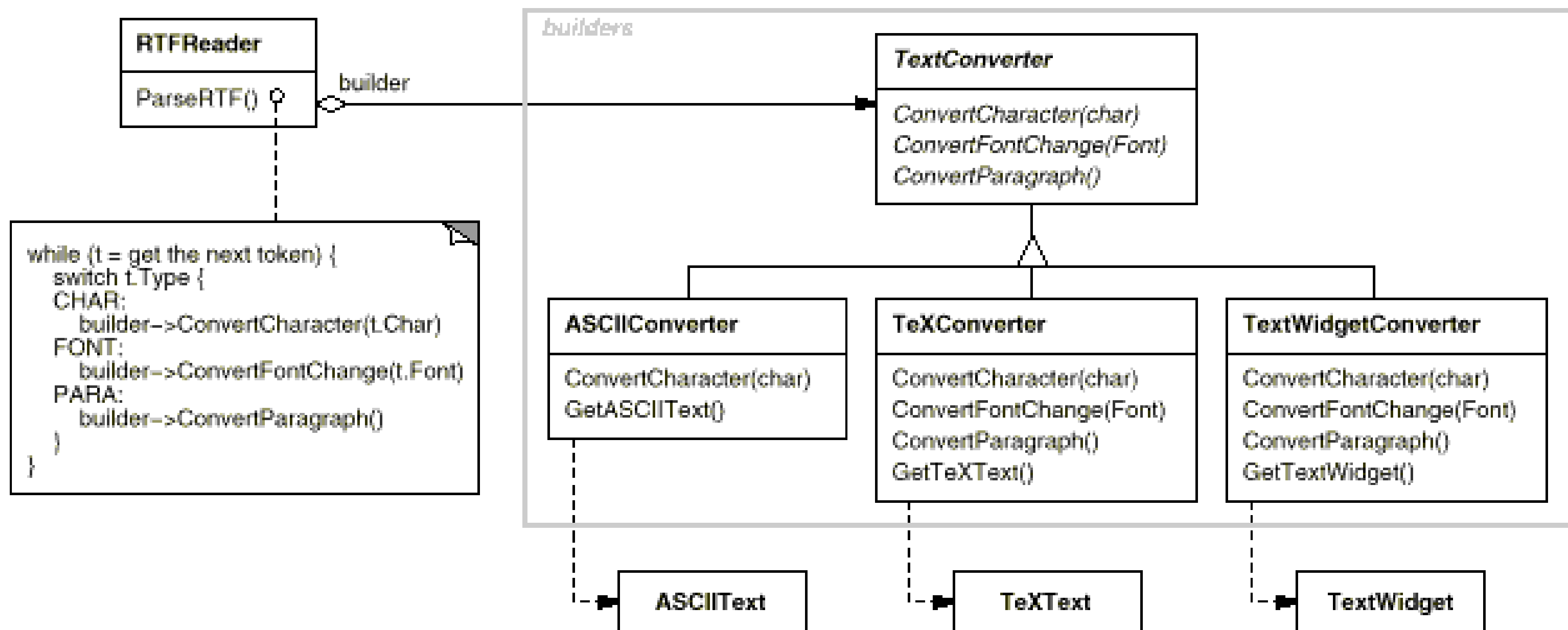
- אתחול משחק יראה כך:

```
MazeGame game;
BombedMazeFactory factory;

game.CreateMaze(factory);
```

Builder

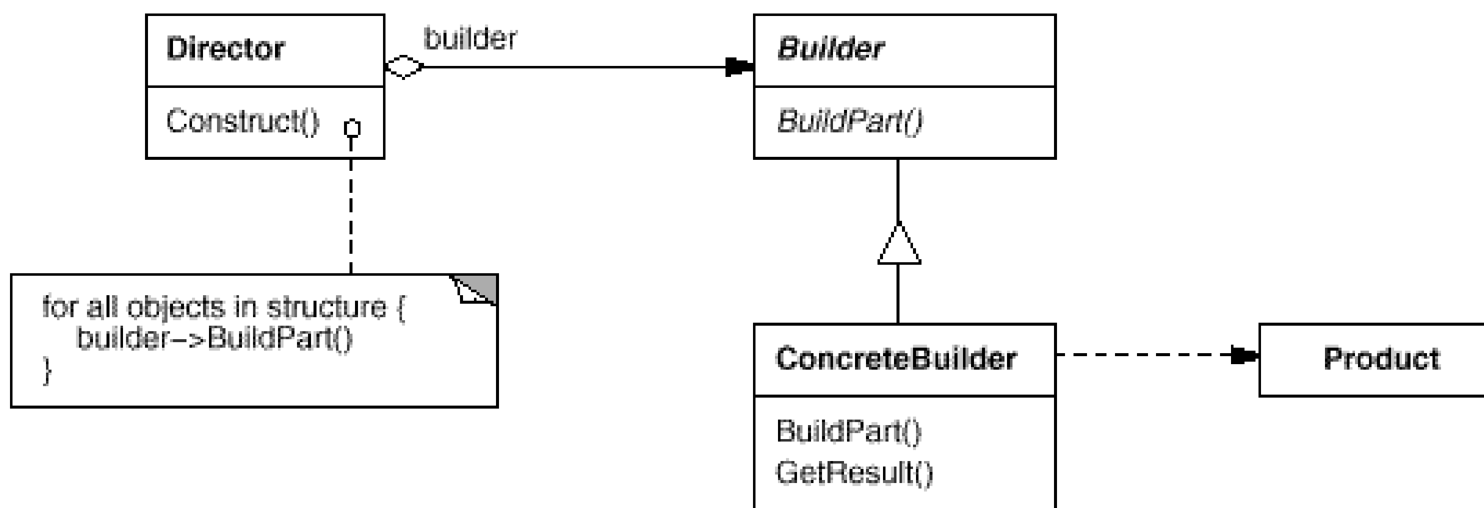
- הפרדת תהליך יצירה של עצם מורכב מהייצוג שלו, כך שניתן לחזור על אותו תהליך יצירה עבור עצמים ממחלקות שונות
- לדוגמא: המרת מסמך מפורמט אחד למשנהו

המרת פורמט בעזרת Builder

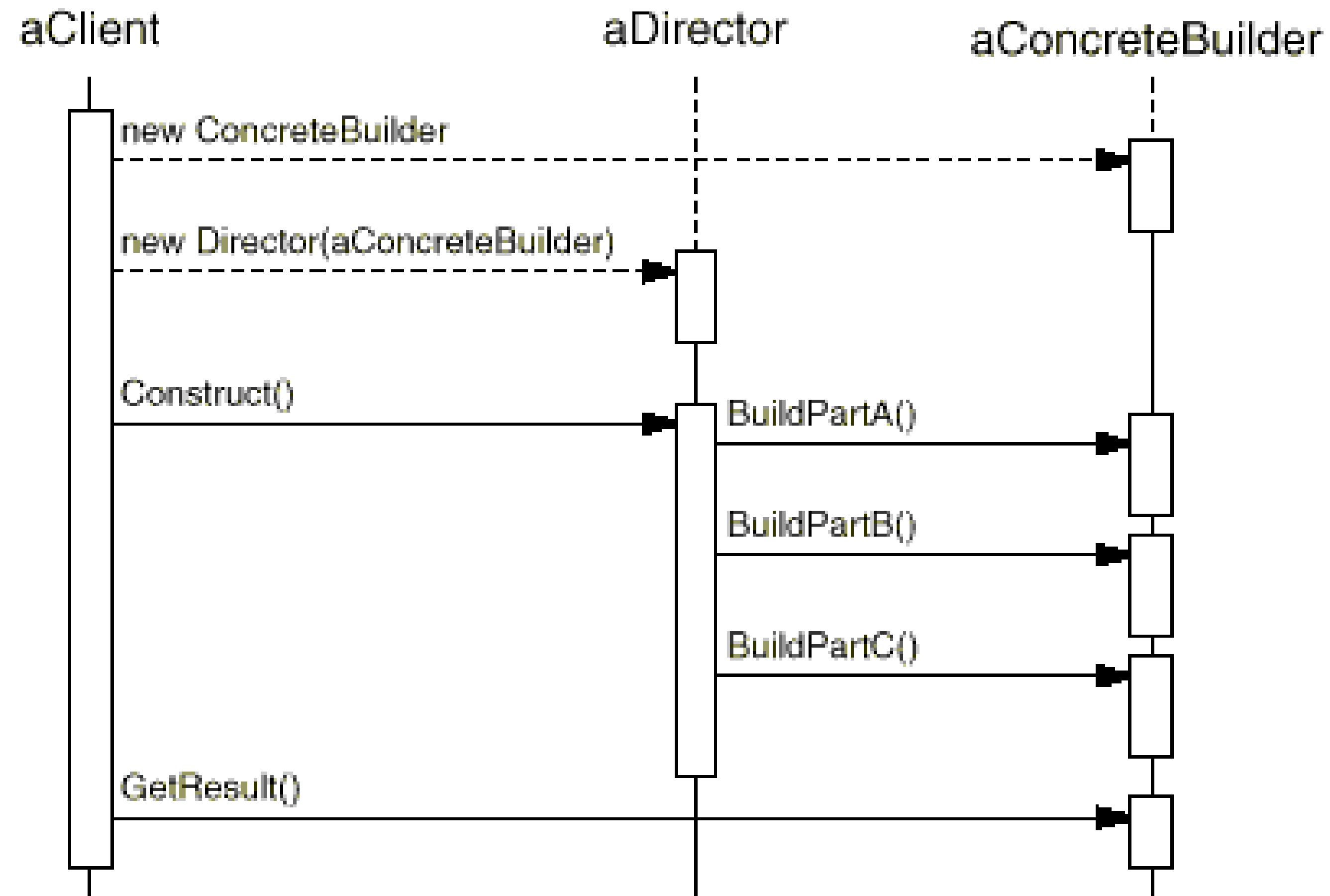


Builder

- או בהכללה:



Builder



דוגמא – בונה מבוכים

```
class MazeBuilder {
public:
   virtual void BuildMaze() { }
   virtual void BuildRoom(int room) { }
   virtual void BuildDoor(int roomFrom, int roomTo) { }
   virtual Maze* GetMaze()
   { return 0; }

protected:
   MazeBuilder();
};
```

דוגמא – בונה מבוכים

```
Maze* MazeGame::CreateMaze (MazeBuilder& builder)
{
   builder.BuildMaze();

   builder.BuildRoom(1);
   builder.BuildRoom(2);
   builder.BuildDoor(1, 2);

   return builder.GetMaze();
}
```

ערך מוסף

- בעזרת בונה המבוכים הצלחנו להפריד את תהליך בניית המבוך ממבנה המבוך בפונקציה CreateMaze
- את התהליך נגדיר ואולי אף נשכלל בעתיד על ידי הבונה ונזרותיו כגון: StandardMazeBuilder

דוגמא – בונה מבוכים

```
class StandardMazeBuilder : public MazeBuilder {
public:
   StandardMazeBuilder();
   virtual void BuildMaze();
   virtual void BuildRoom(int);
   virtual void BuildDoor(int, int);
   virtual Maze* GetMaze();

private:
   Direction CommonWall(Room*, Room*);
   Maze* _currentMaze;
};
```

דוגמא – בונה מבוכים

```
StandardMazeBuilder::StandardMazeBuilder ()
{ _currentMaze = 0; }

void StandardMazeBuilder::BuildMaze ()
{ _currentMaze = new Maze; }

Maze* StandardMazeBuilder::GetMaze ()
{ return _currentMaze; }
```

דוגמא – בונה מבוכים

```
void StandardMazeBuilder::BuildRoom (int n)
{
   if (!_currentMaze->RoomNo(n))
   {
        Room* room = new Room(n);
        _currentMaze->AddRoom(room);
        room->SetSide(North, new Wall);
        room->SetSide(South, new Wall);
        room->SetSide(East, new Wall);
        room->SetSide(West, new Wall);
   }
}
```

דוגמא – בונה מבוכים

```
void StandardMazeBuilder::BuildDoor (int n1, int n2)
{
   Room* r1 = _currentMaze->RoomNo(n1);
   Room* r2 = _currentMaze->RoomNo(n2);

   Door* d = new Door(r1, r2);
   r1->SetSide(CommonWall(r1,r2), d);
   r2->SetSide(CommonWall(r2,r1), d);
}
```

- וכדי ליצור משחק חדש:

```
Maze* maze;
MazeGame game;
StandardMazeBuilder builder;

game.CreateMaze(builder);
maze = builder.GetMaze();
```

בונה-סופר

- הפרדת המבנה מהתהליך מאפשרת הגדרה של בונה-סופר המדפיס את מספר רכיבי המבוך:

```
class CountingMazeBuilder : public MazeBuilder {
public:
   CountingMazeBuilder();
   virtual void BuildMaze();
   virtual void BuildRoom(int);
   virtual void BuildDoor(int, int);
   virtual void AddWall(int, Direction);
   void GetCounts(int&, int&) const;

private:
   int _doors;
   int _rooms;
};
```

בונה-סופר

```
CountingMazeBuilder::CountingMazeBuilder ()
{ _rooms = _doors = 0; }

void CountingMazeBuilder::BuildRoom (int)
{ _rooms++; }

void CountingMazeBuilder::BuildDoor (int, int)
{ _doors++; }

void CountingMazeBuilder::GetCounts(int& rooms,
   int& doors ) const
{ rooms = _rooms; doors = _doors; }
```

בונה-סופר

- השימוש בבונה-סופר זהה לשימוש בכל בונה אחר:

```
int rooms, doors;
MazeGame game;
CountingMazeBuilder builder;

game.CreateMaze(builder);
builder.GetCounts(rooms, doors);
cout << "The maze has " << rooms
   << " rooms and " << doors << " doors" << endl;
```

Singleton

- יצירת מחלקה עם מופע אחד בלבד:

```
class Singleton {
public:
   static Singleton* Instance();

protected:
   Singleton();

private:
   static Singleton* _instance;
};
```

Singleton

- ובקובץ המימוש:

```
Singleton* Singleton::_instance = 0;

Singleton* Singleton::Instance ()
{
   if (_instance == 0) {
        _instance = new Singleton;
   }
   return _instance;
}
```

- מה קורה אם יש כמה טיפוסים אפשריים ל Singleton איך נדע איזה טיפוס ליצור?

Singleton

- נתחזק מיפוי של הטיפוסים האפשריים:

```
class Singleton {
public:
   static void Register(const char* name, Singleton*);
   static Singleton* Instance();

protected:
   static Singleton* Lookup(const char* name);

private:
   static Singleton* _instance;
   static List<NameSingletonPair>* _registry;
};
```

Singleton

- בעת היצירה \ גישה נבדוק מול המיפוי:

```
Singleton* Singleton::Instance ()
{
   if (_instance == 0)
   {
        const char* singletonName = getenv("SINGLETON");
        // user or environment supplies this at startup

        instance = Lookup(singletonName);
        // Lookup returns 0 if there's no such singleton
   }
   return _instance;
}
```

פולימורפי Singleton

- והיכן ה Singleton רושם את עצמו? אפשרות אחת היא בבנאי:

```
MySingleton::MySingleton() {
   // ...
   Singleton::Register("MySingleton", this);
}
```

- כמובן, שהדבר סותר את רעיון ה Singleton
- יש צורך לאתחל מפורשות מופע static אחד של כל טיפוס ובכך להשאיר ל Singleton רק את ניהול הגישה אליו ולא את היצירה שלו

Singleton כ- MazeFactory

```
class MazeFactory {
public:
    static MazeFactory* Instance();

    // existing interface goes here

protected:
    MazeFactory();

private:
    static MazeFactory* _instance;
};

MazeFactory* MazeFactory::_instance = 0;

MazeFactory* MazeFactory::Instance () {
    if (_instance == 0) {
          _instance = new MazeFactory;
    }
    return _instance;
}
```

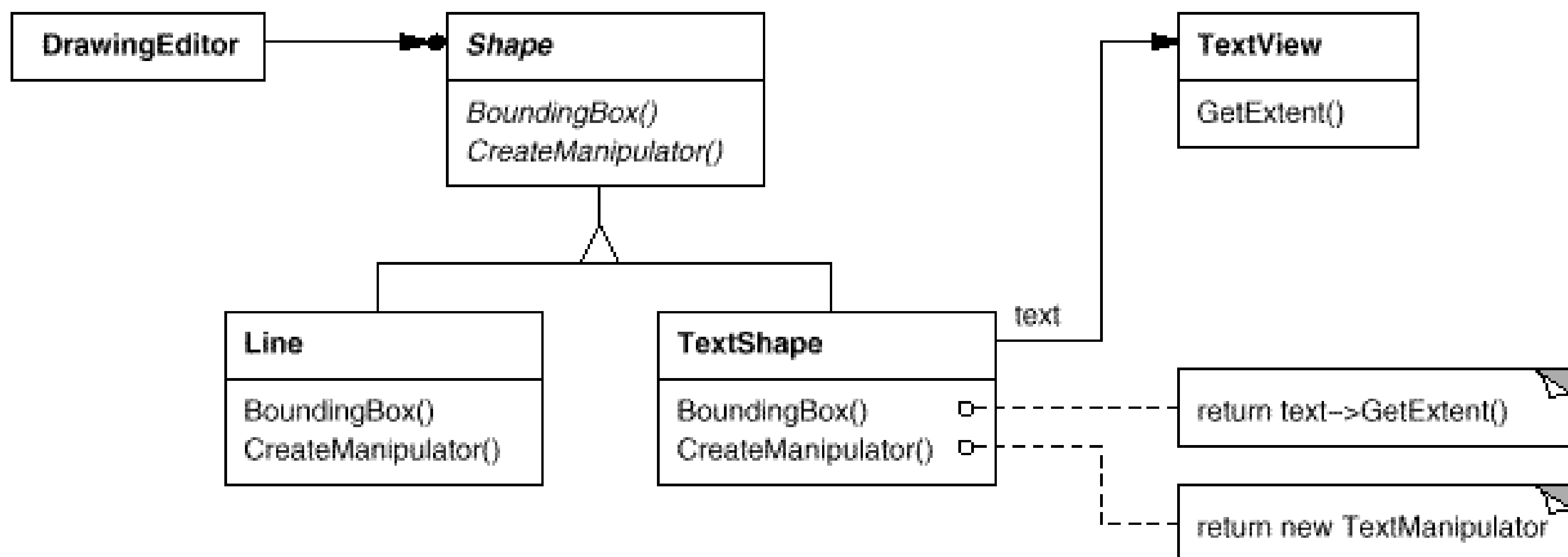
Singleton כ- MazeFactory עם יורשים

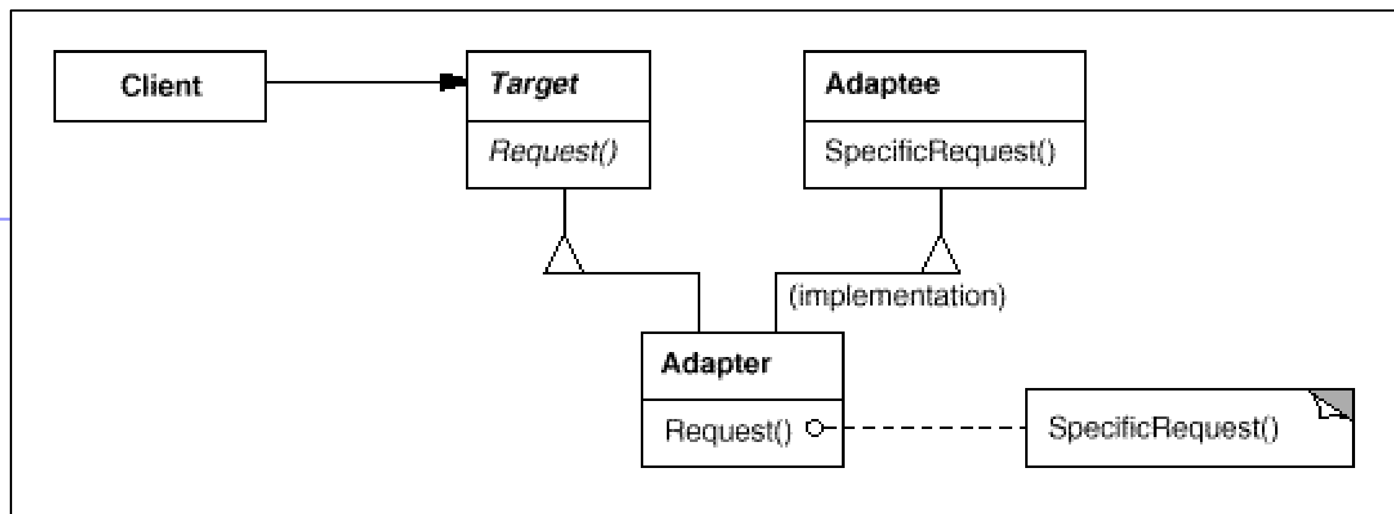
```
MazeFactory* MazeFactory::Instance () {
    if (_instance == 0) {
         const char* mazeStyle = getenv("MAZESTYLE");

         if (strcmp(mazeStyle, "bombed") == 0) {
                _instance = new BombedMazeFactory;

         } else if (strcmp(mazeStyle, "enchanted") == 0) {
                instance = new EnchantedMazeFactory;

         // ... other possible subclasses

         } else { // default
                 _instance = new MazeFactory;
         }
    }
    return _instance;
}
```

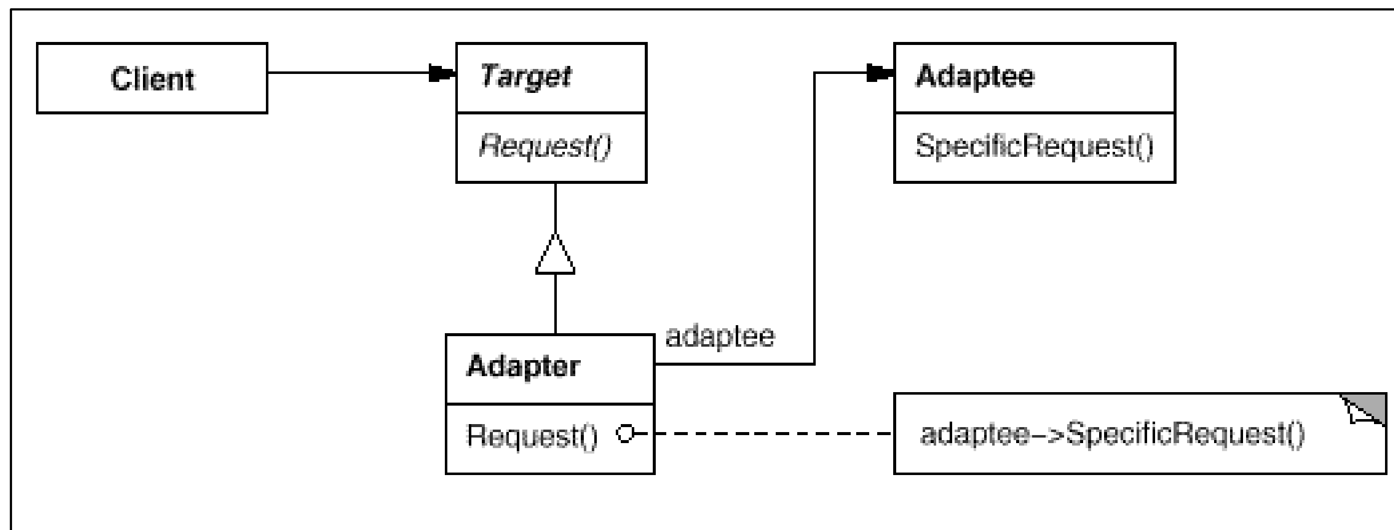
Adapter (תבניות מבנה)

- 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
- שתי גרסאות:
  - Class Adapter – ירושה מרובה (בדר"כ אחת private)
  - Object Adapter – הפנייה לעצם המספק את השרות

Object Adapter




Client
Target
Request()
Adaptee
SpecificRequest()
(implementation)
Adapter
Request()
SpecificRequest()


Client
Target
Request()
Adaptee
SpecificRequest()
adaptee
Adapter
Request()
adaptee–>SpecificRequest()

דוגמת קוד

```
class Shape {
public:
   Shape();
   virtual void BoundingBox( Point& bottomLeft,
                                                  Point& topRight ) const;
   virtual Manipulator* CreateManipulator() const;
};

class TextView {
public:
   TextView();
   void GetOrigin(Coord& x, Coord& y) const;
   void GetExtent(Coord& width, Coord& height) const;
   virtual bool IsEmpty() const;
};
```

דוגמת קוד

```
class TextShape : public Shape, private TextView
{
public:
   TextShape();
   virtual void BoundingBox( Point& bottomLeft,
       Point& topRight ) const;
   virtual bool IsEmpty() const;
   virtual Manipulator* CreateManipulator() const;
};
```

דוגמת קוד

```
void TextShape::BoundingBox ( Point& bottomLeft,
   Point& topRight ) const
{
   Coord bottom, left, width, height;

   GetOrigin(bottom, left);
   GetExtent(width, height);

   bottomLeft = Point(bottom, left);
   topRight = Point(bottom + height, left + width);
}
```

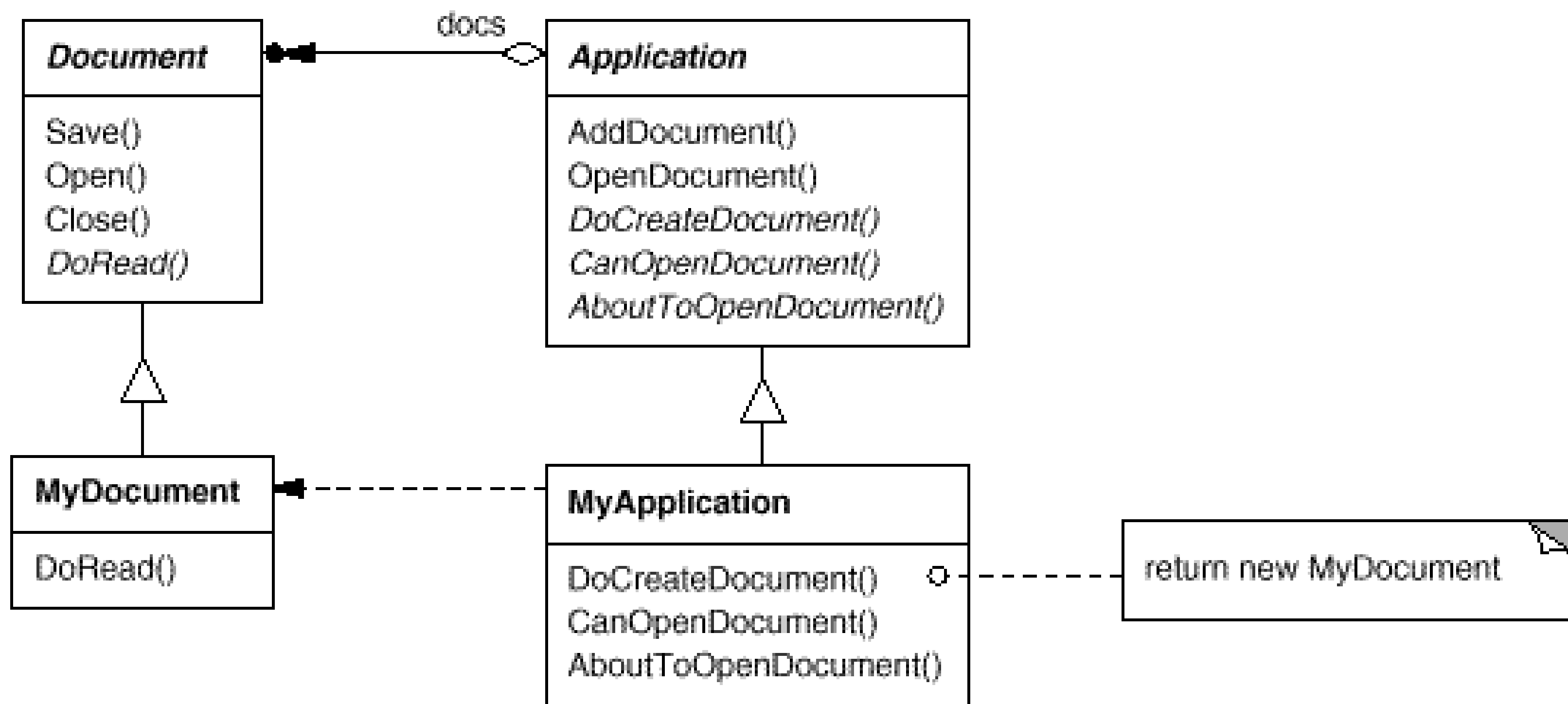
דוגמת קוד

```
bool TextShape::IsEmpty () const
{
  return TextView::IsEmpty();
}

// Factory Method
Manipulator* TextShape::CreateManipulator () const
{
  return new TextManipulator(this);
}
```

(תבניות התנהגות) 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

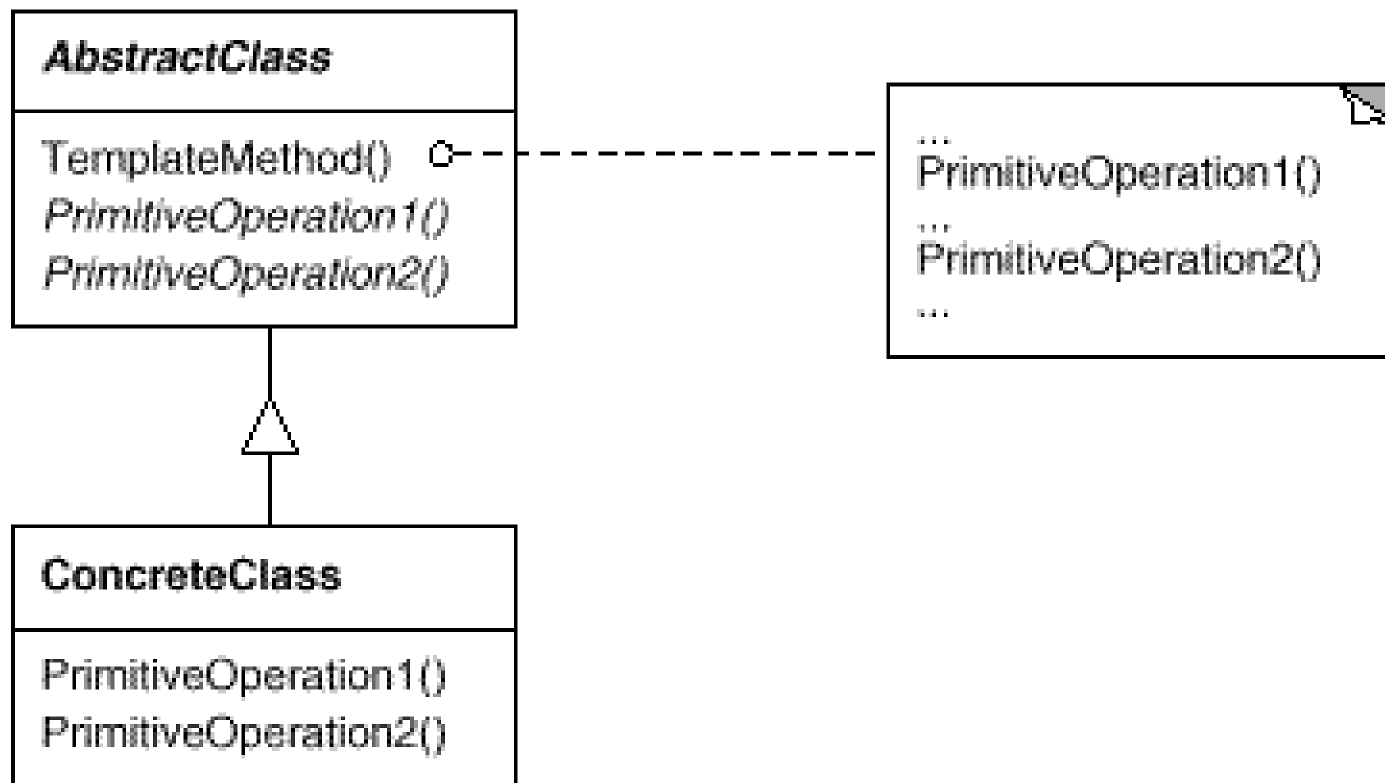
Template Method



פתיחת מסמך כאלגוריתם כללי

```
void Application::OpenDocument (const char* name)
{
  if (!CanOpenDocument(name)) {
      return; // cannot handle this document
  }

  Document* doc = DoCreateDocument();
  if (doc) {
      _docs->AddDocument(doc);
      AboutToOpenDocument(doc);
      doc->Open();
      doc->DoRead();
  }
}
```

Template Method



Template Method

- סוגי הפעולות הנקראות ממתודת תבנית:
  - concrete operations – מתודות של מחלקות אחרות (לקוחות, ספקים)
  - concrete AbstractClass operations – מתודות שיהיו שימושיות גם עבור היורשים
  - primitive operations – פעולות בסיסיות, אבני בניין לשימוש מתודות כלליות
  - factory methods – יצירת עצמים ללא ציון טיפוס המפורש
  - **hook operations** – התנהגות ברירת מחדל אשר מחלקות נגזרת מוזמנות להרחיב

Hooks vs. Template Methods

- הרחבת hook:

```
void DerivedClass::Operation () {
   // DerivedClass extended behavior
   ParentClass::Operation();
}
```

- נהפוך את Operation ל- Template Method:

```
void ParentClass::Operation () {
   // ParentClass behavior
   HookOperation();
}

void ParentClass::HookOperation () { }
```

Hooks vs. Template Methods

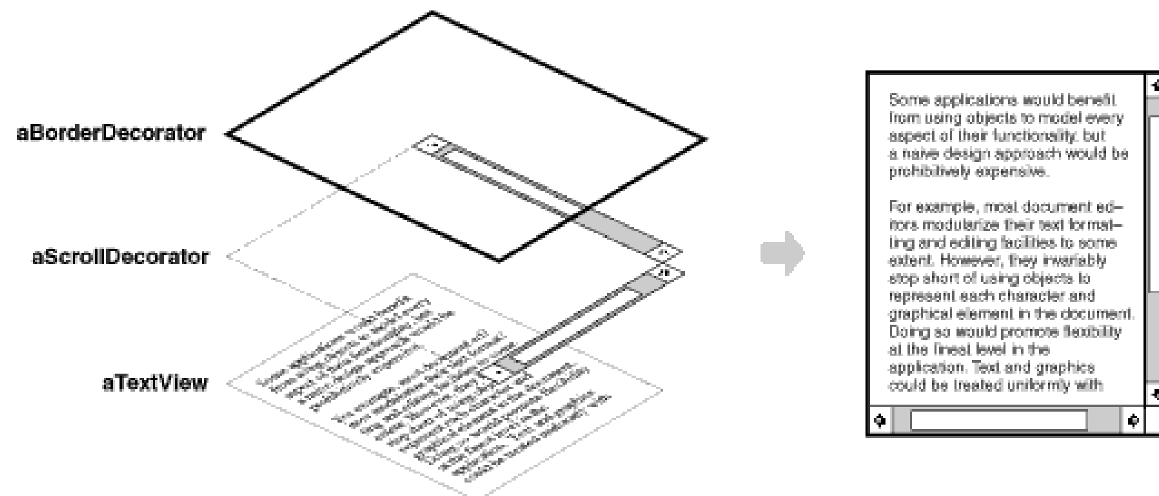
- כעת יורש פוטנציאלי לא ישכח לקרוא למתודה המקורית, כי עליו לממש רק את ה- hook:

```
void DerivedClass::HookOperation () {
  // derived class extension
}
```

- מחלקה צריכה להבהיר אילו מהמתודות שלה מופשטות (מחייבות הגדרה) ואילו הן hooks (מאפשרות הרחבה)

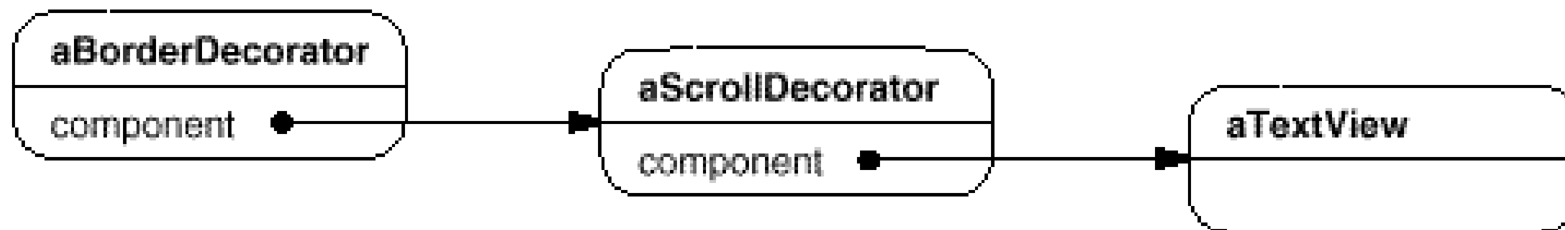
Decorator (תבניות מבנה)

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

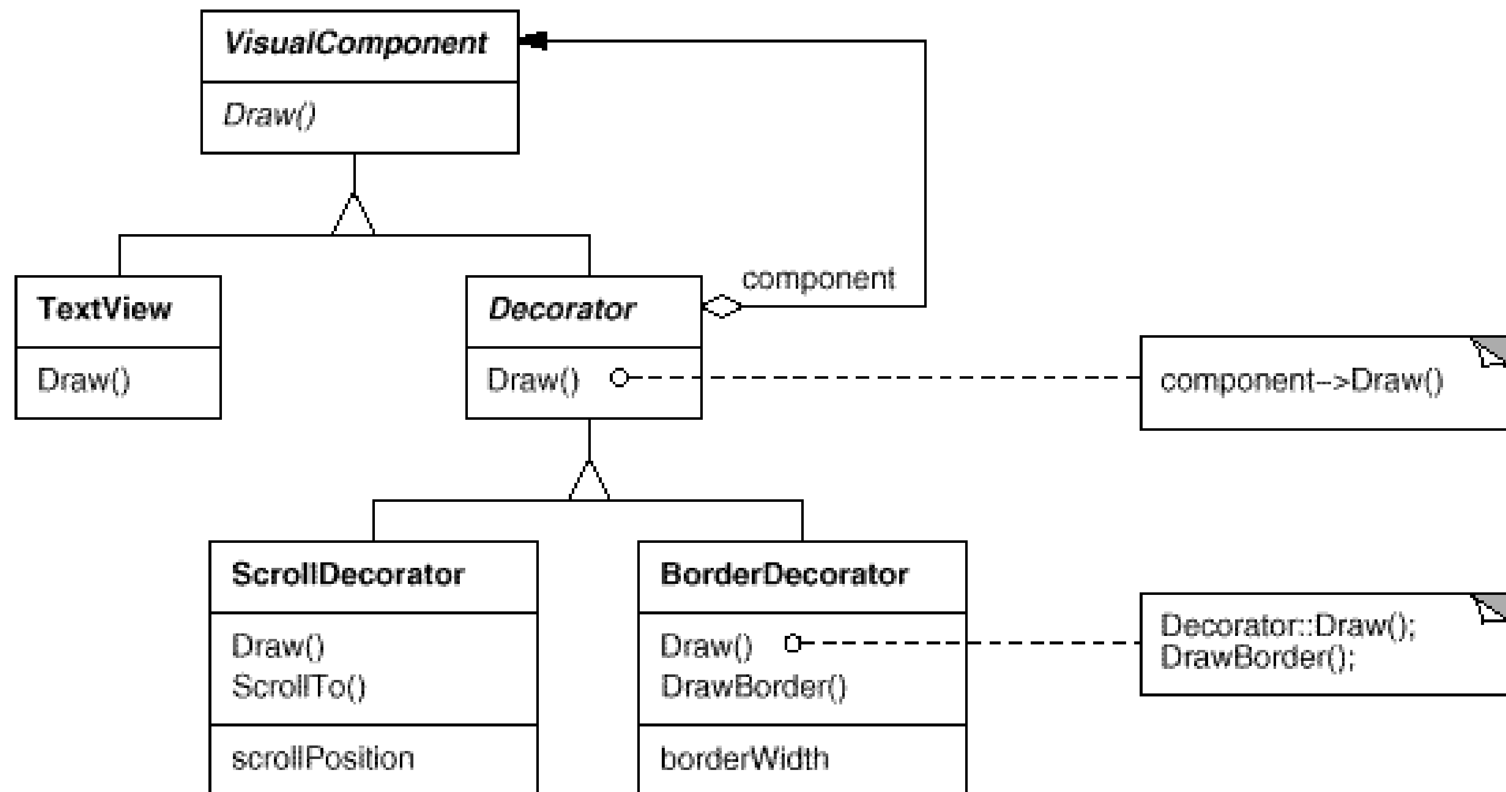


Decorator

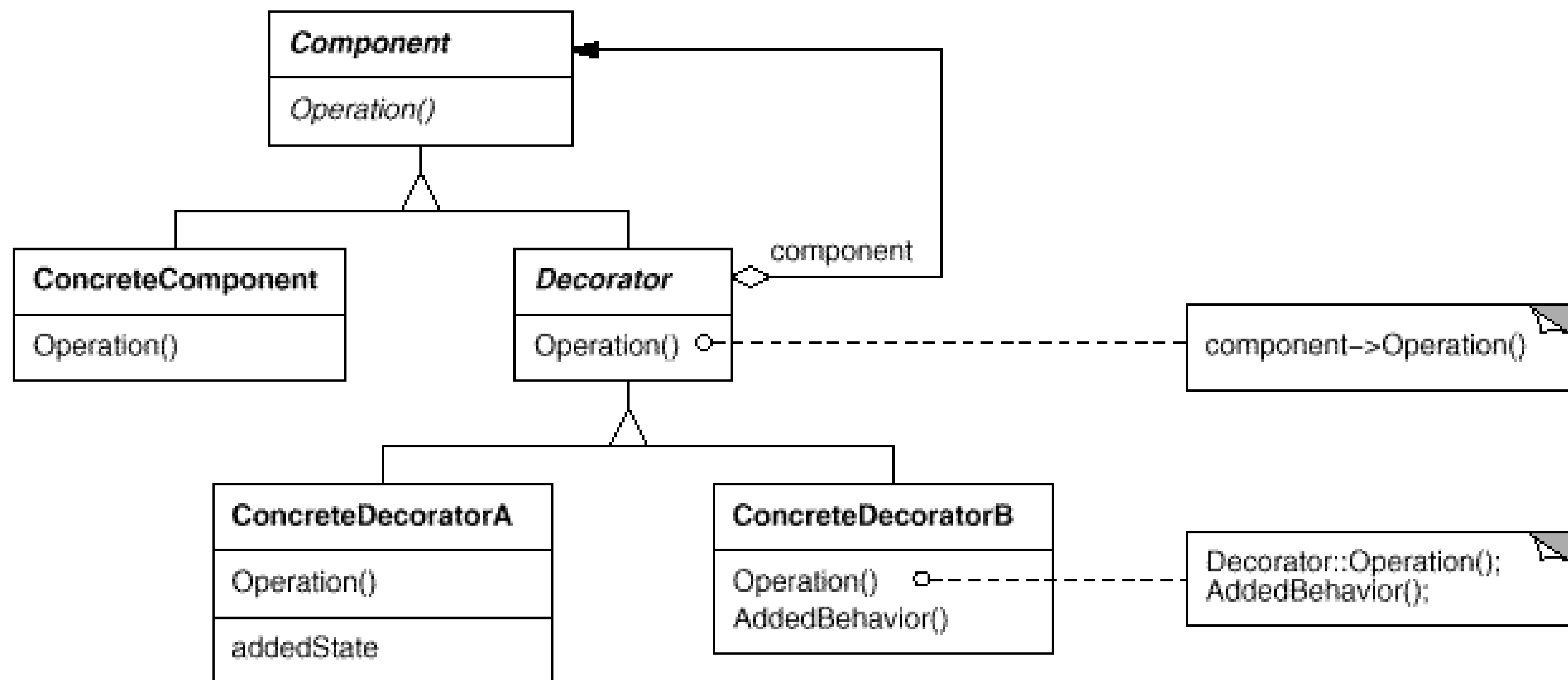
- הרעיון פשוט: כדי להוסיף תכונה לעצם ממחלקה קיימת נצביע עליו מעצם של מחלקה המממשת את התכונה הדרושה



Decorator



המקרה הכללי – Decorator



דוגמת קוד

```
class VisualComponent {
public:
  VisualComponent();

  virtual void Draw();
  virtual void Resize();
  // ...
};
```

דוגמת קוד

```
class Decorator : public VisualComponent {
public:
   Decorator(VisualComponent*);

   virtual void Draw()
   { _component->Draw(); }

   virtual void Resize();
   { _component->Resize(); }

   // ...

private:
   VisualComponent* _component;
};
```

דוגמת קוד

```
class BorderDecorator : public Decorator {
public:
   BorderDecorator(VisualComponent*, int borderWidth);

   virtual void Draw();

private:
   void DrawBorder(int);

private:
   int _width;
};

void BorderDecorator::Draw () {
   Decorator::Draw();
   DrawBorder(_width);
}
```

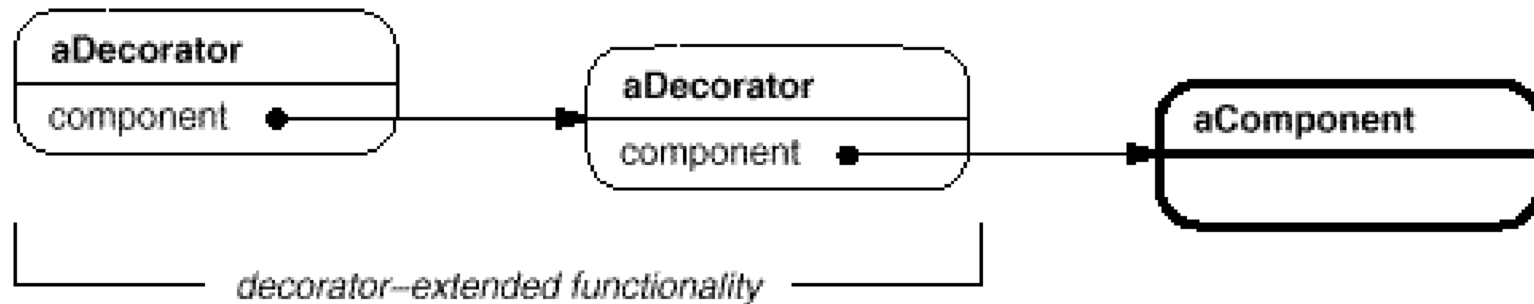
הרכבה

- כעת קל להרכיב עצמים בעלי תכונות משתנות:

```
void Window::SetContents (VisualComponent* contents);

Window* window = new Window;
TextView* textView = new TextView;

window->SetContents(textView);          // Adds undecorated text

window->SetContents(                    // Adds decorated text
        new BorderDecorator(
            new ScrollDecorator(textView), 1
        )
    );
```

Strategy vs. Decorator

- Decorator - החלפת המעטפת



- Strategy – הרחבת הליבה

Strategy vs. Decorator

- נשים לב ש Strategy עשוי לגרום לשינוי ברכיב עצמו בעוד שב Decorator הרכיב נשאר אדיש
- מאידך ל Strategy יש ממשק משלו בעוד שה Decorator צריך לרשת מההורה של הרכיב
- לדוגמא: Strategy לציור מסגרת צריך להגדיר ממשק לכך: DrawBorder, GetWidth… וכך גם אם הרכיב עצמו מסורבל – Strategy נשאר קליל

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 ++C).
- 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.