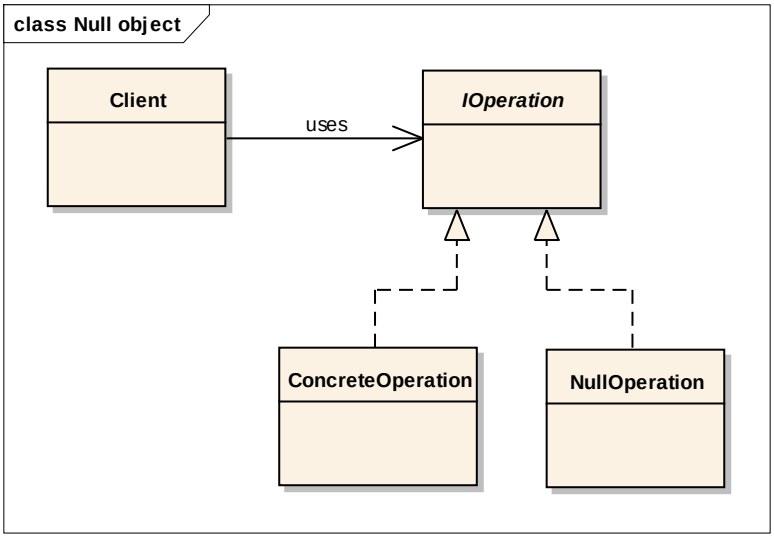
Projektowanie obiektowe oprogramowania
Wykład 6 – wzorce czynnościowe
Wiktor Zychla 2024

1 Null Object

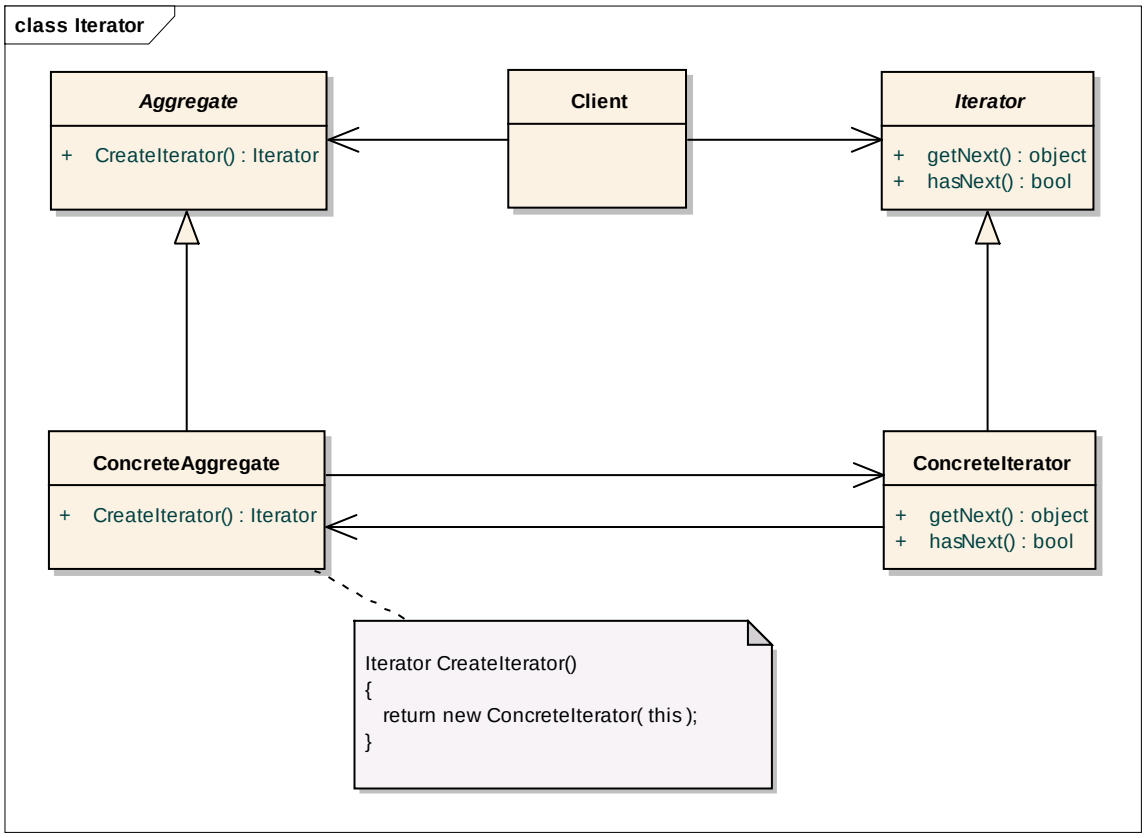
Motto: pusta implementacja zwalniająca klienta z testów **if** na *null*



Komentarz: Null object dobrze sprawdza się w połączeniu z fabryką – przy specyficznych lub niedostatecznych parametrach inicjalizacyjnych fabryka zwraca Null object zamiast referencję **null**. Klient ma więc gwarancję otrzymania zawsze obiektu implementującego oczekiwany kontrakt, co najwyżej jest to jednak obiekt o pustej implementacji metod.

2 Iterator

Motto: dostęp do obiektu jak do „kolekcji”, bez ujawniania jego struktury
Kojarzyć: *IEnumerator*, *IEnumerable*

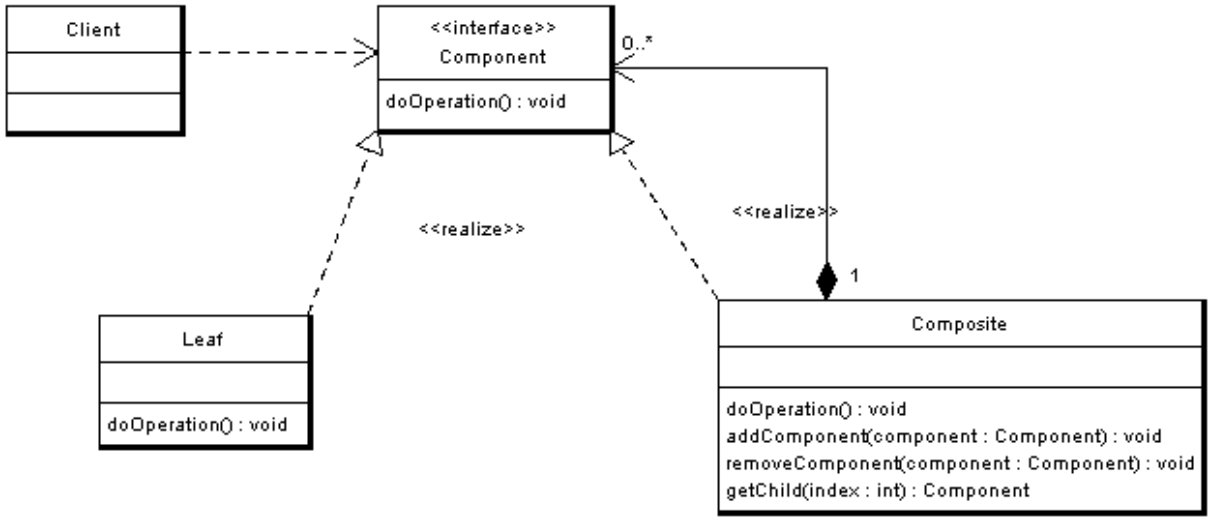


Komentarz: ten wzorzec został z powodzeniem włączony do nowoczesnych języków programowania (Java – **Iterator<>**, C# - **IEnumerator<>**) stanowiąc podstawę dla lukru syntaktycznego (Java – **for:** C# - **foreach**).

To kolejny przykład jak wzorce projektowe wprost wpływają na języki/technologie – poprzednim tak jaskrawym przykładem był wzorzec Dekorator i jego implementacja w bibliotekach strumieni w platformach przemysłowych.

3 Composite

Motto: składanie obiektów w struktury „drzewiaste”
Kojarzyć: Tree, Expression



Wzorzec **Composite** jako taki nie wnosi wiele wartości sam w sobie. Stanowi raczej bazę dla implementacji kolejnych dwóch: **Interpreter** i **Visitor**. We wzorcu Composite chodzi o reprezentowanie struktury rekursywnej, w której struktura komponentu może zależeć od jednego lub wielu komponentów.

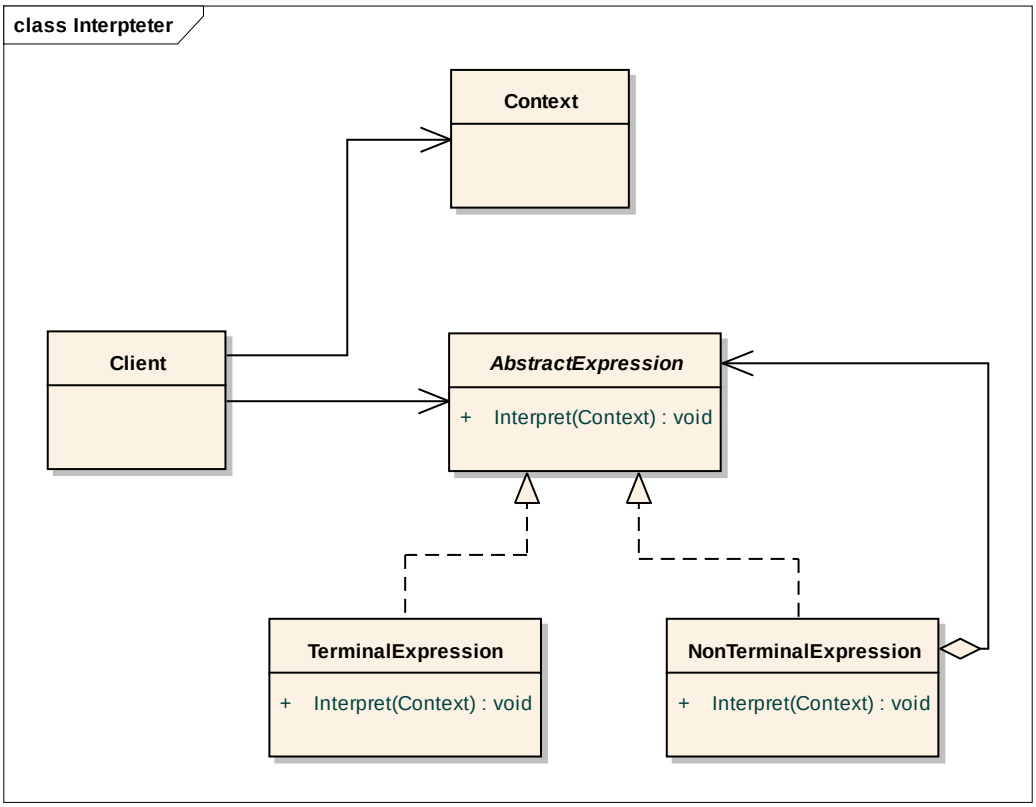
W ten oczywisty sposób implementuje się na przykład drzewa. Przykładowo dla drzewa binarnego, abstrakcyjna klasa reprezentująca dowolny węzeł (**Tree**) miałaby dwie podklasy, **TreeLeaf** dla reprezentacji liścia i **TreeNode** dla reprezentacji węzła z podwęzłami:

```
public abstract class Tree
{

}

public class TreeLeaf : Tree
{

}

public class TreeNode : Tree
{
    public Tree Left;
    public Tree Right;
}
```

Jak widać, podstawowy pomysł polega tu na wykorzystaniu typu bazowego w odwołaniu rekurencyjnym. W ten sposób z jednej strony można reprezentować dowolnie złożoną strukturę (lewy/prawy podwęzeł węzła może być liściem albo kolejnym węzłem) ale też zdefiniować jakąś operację na poziomie klasy bazowej a potem tylko implementować ją w kolejnych podklasach.

4 Interpreter (Little Language)

Motto: reprezentacja gramatyki języka i jego interpretera
Kojarzyć: kompozyt z interpreterem



To wzorzec który odwołuje się wprost do zasady **Inheritance** z GRASP. Przez delegowanie implementacji do podklasy, cała hierarchia uzyskuje jednolity sposób implementacji konkretnego algorytmu – tu chodzi o „interpretowanie”.

Dodatkowy **Context** może nieść ze sobą informację, której nie posiada interpretowany element. Na przykład, hierarchię interpretowalnych obiektów zawierałaby klasę **VariableExpression** reprezentującą zmienną. Ale zmienna sama z siebie nie podlega interpretacji, do tego potrzebny jest kontekst, w którym nazwom zmiennych przyporządkowane są wartości. W prostym przykładzie kontekst zawierałby więc właśnie mapowanie zmiennych lokalnych na wartości, w bardziej rozbudowanym mógłby mieć jeszcze mapowanie identyfikatorów zmiennych globalnych na wartości.

Przy takich założeniach interpretacja konkretnego typu wyrażenia jest więc zwykle łatwa, na przykład:

```
public class Context
{
    // tu słownik - mapowanie nazw zmiennych na wartosci
    private Dictionary<string, double> _localVariables =
        new Dictionary<string, double>();

    public double Get(string variableName)
    {
```

```
        if ( _localVariables.ContainsKey( variableName ) )
        {
            return _localVariables[variableName];
        }
        else
        {
            throw new ArgumentException();
        }
    }

    public void Put(string variableName, double variableValue)
    {
        if ( _localVariables.ContainsKey( variableName ) )
        {
            _localVariables.Remove(variableName);
        }

        _localVariables.Add(variableName, variableValue);
    }

}

public abstract class AbstractExpression
{
    public abstract double Interpret(Context context);
}

public class BinExpression : AbstractExpression
{
    public AbstractExpression Left;
    public AbstractExpression Right;

    public string Operator;

    /// <summary>
    /// Interpretacja rekursywna, delegująca interpreter
    /// do przeciążonej metody węzła
    /// </summary>
    public override double Interpret(Context context)
    {
        switch ( Operator )
        {
            case "+":
                return
                    this.Left.Interpret(context) +
                    this.Right.Interpret(context);

            default:
                throw new ArgumentException();
        }
    }
}

public class VariableExpression : AbstractExpression
{
    public string VariableName;

    public override double Interpret(Context context)
    {
```

```
        return context.Get(VariableName);
    }
}


class Program
{
    static void Main(string[] args)
    {
        // reprezentuj drzewo wyrażenia x + y
        var expression =
            new BinExpression()
            {
                Left = new VariableExpression() { VariableName = "x" },
                Right = new VariableExpression() { VariableName = "y" },
                Operator = "+"
            };

        // kontekst
        var context = new Context();
        context.Put("x", 1);
        context.Put("y", 2);

        Console.WriteLine(expression.Interpret(context));

    }
}
```

5 Visitor

Motto: definiowanie nowej operacji bez modyfikowania interfejsu
Kojarzyć: ExpressionVisitor z biblioteki standardowej .NET

Motywacja: **Interpreter** pokazuje że na strukturze rekursywnej można bez trudu zaimplementować jakąś operację (tu: interpretację) zgrabnie wykorzystując polimorfizm. Problem w podejściu Interpretera polega na tym że dodanie operacji oznacza konieczność dodania jej „na trwałe” do całej hierarchii.

W przykładzie jest to jedna metoda, Interpret, ale co gdyby takich metod miało być więcej?

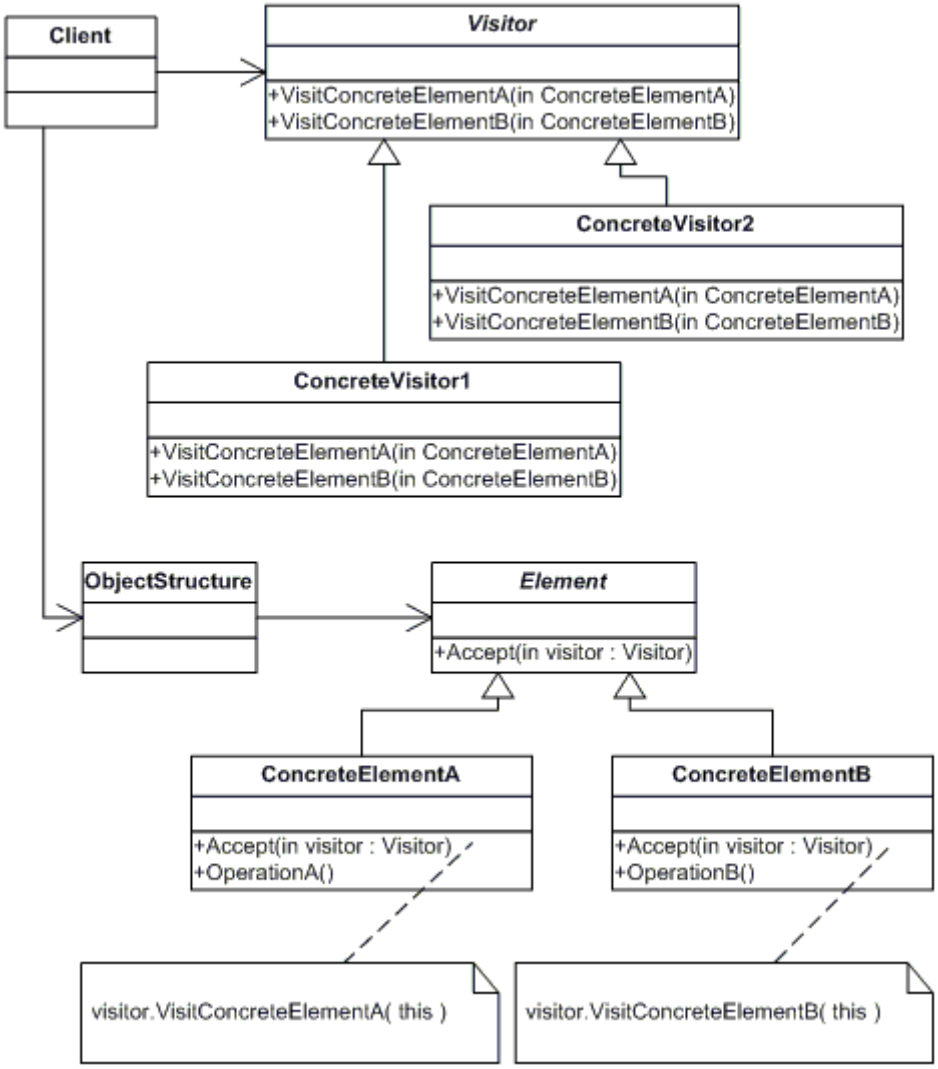
Niech to będzie Print, do wypisywania, PrettyPrint do alternatywnego wypisywania, SymbolicInterpret, w którym możliwa jest interpretacja symboliczna (czyli podstawienie za token nie tylko konkretnej wartości ale również wartości symbolicznej), itd.

Każda taka nowa operacja to nowa funkcja w całej rekursywnej strukturze. Funkcję trzeba dodać do klasy bazowej, a potem – wielokrotnie przeciążyć ją w podklasach. Pomysł Visitora wychodzi z założenia, że można to zrobić lepiej.

Zamiast tego proponuje się tu wyniesienie operacji „na zewnątrz”, przez zdefiniowanie klasy która jest abstrakcją operacji na strukturze rekursywnej (tak zwanego Visitora) i związanie tej abstrakcji ze strukturą kompozytową raz, bez znajomości szczegółów tego do czego ta operacja będzie służyć.

Za szczegółową implementację operacji odpowiada wtedy zewnętrzna w stosunku do struktury kompozytowej klasa, która jest implementacją tejże abstrakcji (konkretny Visitor). W takim podejściu nowa operacja nie oznacza już nowej metody w całej hierarchii kompozytu, a jedynie nową klasę, implementującą abstrakcję zewnętrznej operacji.

To dobra perspektywa, w której wzorzec Visitor rozwiązuje konkretny problem, zaobserwowany na przykładzie wzorca Interpreter.



5.1 Implementacja strukturalna

Uwaga! To pierwszy tak złożony wzorzec jaki poznajemy, dlatego warto mieć pod ręką przykład implementacji strukturalnej.

```
class Program
{
    static void Main( string[] args )
    {
        CompositeStructure cs = new CompositeStructure();
        cs.AddElement( new ConcreteElementA() );
        cs.AddElement( new ConcreteElementA() );
        cs.AddElement( new ConcreteElementB() );

        ConcreteVisitor1 cv1 = new ConcreteVisitor1();
        ConcreteVisitor2 cv2 = new ConcreteVisitor2();

        cs.Accept( cv1 );
        cs.Accept( cv2 );

        Console.ReadLine();
    }
}

public abstract class Element
{
    public abstract void Accept( Visitor v );
}

public class ConcreteElementA : Element
{
    public override void Accept( Visitor v )
    {
        v.VisitConcreteElementA( this );
    }
}

public class ConcreteElementB : Element
{
    public override void Accept( Visitor v )
    {
        v.VisitConcreteElementB( this );
    }
}

public class CompositeStructure
{
    private List<Element> elements = new List<Element>();
    public void AddElement( Element e )
    {
        this.elements.Add( e );
    }

    public void Accept( Visitor v )
    {
        foreach (var e in elements)
            e.Accept( v );
    }
}

public abstract class Visitor
{
```

```
    public abstract void VisitConcreteElementA( ConcreteElementA elem );
    public abstract void VisitConcreteElementB( ConcreteElementB elem );
}

public class ConcreteVisitor1 : Visitor
{
    public override void VisitConcreteElementA( ConcreteElementA elem )
    {
        Console.WriteLine( "cv1 visiting A" );
    }

    public override void VisitConcreteElementB( ConcreteElementB elem )
    {
        Console.WriteLine( "cv1 visiting B" );
    }
}

public class ConcreteVisitor2 : Visitor
{
    public override void VisitConcreteElementA( ConcreteElementA elem )
    {
        Console.WriteLine( "cv2 visiting A" );
    }

    public override void VisitConcreteElementB( ConcreteElementB elem )
    {
        Console.WriteLine( "cv2 visiting B" );
    }
}
```

Podstawowy problem tak skonstruowanej struktury to jej złożoność. Studenci, którzy już rozumieją na czym polega Visitor pytają często „po co jest cała część akceptowania struktury Visitora w elementach struktury kompozytowej? Dlaczego nie wystarczy sama hierarchia Visitorów?”

Odpowiedzi na to pytanie udzielimy na wykładzie – wszystko zależy od tego **gdzie** znajduje się wiedza o tym jak należy przeglądać strukturę kompozytu. Sam Visitor potrafi obsłużyć różne typy elementów struktury kompozytowej, ale czy nawigacja **pomiędzy** elementami to odpowiedzialność Visitora czy raczej samego kompozytu?

W praktyce dobrze jest rozumieć różnice między tymi dwoma implementacjami i umieć refaktoryzować kod z jednej implementacji do drugiej. Dlatego prześledzimy oba warianty na przykładzie kompozytu - drzewa binarnego.

Punktem wyjścia do obu implementacji jest ten sam początkowy kod:

```
public class MainClass
{
    Tree root = new TreeNode()
    {
        Left = new TreeNode()
        {
            Left  = new TreeLeaf() { Value = 1 },
            Right = new TreeLeaf() { Value = 2 },
```

```
        },
        Right = new TreeLeaf() { Value = 3 }
    };
}

public abstract class Tree
{

}

public class TreeNode : Tree
{
    public Tree Left { get; set; }
    public Tree Right { get; set; }
}

public class TreeLeaf : Tree
{
    public int Value { get; set; }
}
```

5.2 Visitor nie znający szczegółów implementacji struktury kompozytowej

Jeżeli odpowiedzialność za przeglądanie struktury kompozytu spoczywa na samym kompozycie, to Visitory nie muszą w ogóle wiedzieć jak wygląda „wnętrze" struktury kompozytowej i wtedy mamy taki podział odpowiedzialności między strukturą kompozytową a Visitorami jak na diagramie strukturalnym, ponieważ implementacja „odwiedzania" struktury, zawarta w kompozycie, deleguje „odwiedzanie" poszczególnych typów struktury do odpowiednich metod visitora (czyli mówiąc technicznie, potrzebne są zarówno metody **Visit** w Visitorach jak i metody **Accept** w elementach struktury kompozytowej).

```
public abstract class Tree
{
    public virtual void Accept( TreeVisitor visitor )
    {

    }
}

public abstract class TreeVisitor
{
    public abstract void VisitNode( TreeNode node );
    public abstract void VisitLeaf( TreeLeaf leaf );
}
```

Pełny przykład:

```
public class MainClass
{
    public static void Main()
    {
        Tree root = new TreeNode()
```

```
        {
            Left = new TreeNode()
            {
                Left = new TreeLeaf() { Value = 1 },
                Right = new TreeLeaf() { Value = 2 },
            },
            Right = new TreeLeaf() { Value = 3 }
        };

        SumTreeVisitor visitor = new SumTreeVisitor();

        root.Accept( visitor );

        Console.WriteLine( "Suma wartości na drzewie to {0}", visitor.Sum );
        Console.ReadLine();
    }
}

public abstract class Tree
{
    public virtual void Accept( TreeVisitor visitor )
    {

    }
}

public class TreeNode : Tree
{
    public Tree Left { get; set; }
    public Tree Right { get; set; }

    public override void Accept( TreeVisitor visitor )
    {
        visitor.VisitNode( this );

        if ( Left != null)
            Left.Accept( visitor );
        if (Right != null)
            Right.Accept( visitor );
    }
}

public class TreeLeaf : Tree
{
    public int Value { get; set; }

    public override void Accept( TreeVisitor visitor )
    {
        visitor.VisitLeaf( this );
    }
}

public abstract class TreeVisitor
{
    public abstract void VisitNode( TreeNode node );
    public abstract void VisitLeaf( TreeLeaf leaf );
}

public class SumTreeVisitor : TreeVisitor
```

```
{
    public int Sum { get; set; }

    public override void VisitNode( TreeNode node )
    {

    }

    public override void VisitLeaf( TreeLeaf leaf )
    {
        this.Sum += leaf.Value;
    }
}
```

Jak widać, wiedza o szczegółach struktury kompozytowej jest w samej strukturze kompozytowej – tu jest ona częścią implementacji metody **Accept** dla węzła drzewa binarnego, gdzie oprócz wywołania metody VisitNode Visitora dla bieżącego węzła, następuje rekurencyjne wywołanie akceptowania Visitora dla lewego i prawego poddrzewa.

Warto zwrócić uwagę na prostotę implementacji konkretnego Visitora – jego zadaniem jest rzeczywiście już tylko dostarczenie logiki przetwarzania poszczególnych typów elementów struktury kompozytowej.

5.3 Visitor znający szczegóły implementacji struktury kompozytowej

Jeżeli jednak odpowiedzialność za przeglądanie struktury kompozytu spoczywa na Visitorze – to wydaje się że nie ma w ogóle potrzeby aby istniała zależność od struktury kompozytowej do Visitorów (czyli mówiąc technicznie, nie są potrzebne metody **Accept** w elementach struktury kompozytowej).

Takie Visitory są jednak bardziej złożone (bo są obciążone tą dodatkową odpowiedzialnością wiedzy o wnętrzu struktury kompozytowej; w dodatku są „przywiązane" do szczegółów implementacji tego wnętrza – nie da się zmienić struktury kompozytu bez wymiany implementacji Visitorów), choć jak pokazują różne przykłady (m.in. **ExpressionVisitor** z biblioteki standardowej), bywają chętniej wybierane przy implementacji.

```
public class MainClass
{
    public static void Main()
    {
        Tree root = new TreeNode()
        {
            Left = new TreeNode()
            {
                Left = new TreeLeaf() { Value = 1 }
                Right = new TreeLeaf() { Value = 2 },
            },
            Right = new TreeLeaf() { Value = 3 }
        };

        SumTreeVisitor visitor = new SumTreeVisitor();

        visitor.Visit( root );
```

```
        Console.WriteLine( "Suma wartości na drzewie to {0}", visitor.Sum );
        Console.ReadLine();
    }
}

public abstract class Tree
{
}

public class TreeNode : Tree
{
    public Tree Left { get; set; }
    public Tree Right { get; set; }
}

public class TreeLeaf : Tree
{
    public int Value { get; set; }
}

public abstract class TreeVisitor
{
    // ta metoda nie jest potrzebna ale ułatwia korzystanie z Visitora
    public void Visit( Tree tree )
    {
        if (tree is TreeNode)
            this.VisitNode( (TreeNode)tree );
        if (tree is TreeLeaf)
            this.VisitLeaf( (TreeLeaf)tree );
    }

    public virtual void VisitNode( TreeNode node )
    {
        // tu wiedza o odwiedzaniu struktury
        if ( node != null )
        {
            this.Visit( node.Left );
            this.Visit( node.Right );
        }
    }

    public virtual void VisitLeaf( TreeLeaf leaf )
    {

    }
}

public class SumTreeVisitor : TreeVisitor
{
    public int Sum { get; set; }

    public override void VisitLeaf( TreeLeaf leaf )
    {
        // metoda z klasy bazowej musi być wywołana przy przeciążeniu
        // bo w klasie bazowej Visitora jest wiedza o odwiedzaniu
        // struktury kompozytu
        base.VisitLeaf( leaf );
```

```
        this.Sum += leaf.Value;
    }
```

5.4 Przykład z biblioteki standardowej

Biblioteka standardowa platformy .NET zawiera ładny przykład implementacji **Visitora** – to bazowa implementacja Visitora dla wyrażeń LINQ. Ta implementacja to Visitor który **zna** strukturę odwiedzanego obiektu, dlatego nie ma asocjacji od klasy **Expression** na których operuje Visitor do klasy Visitora, wystarczy powiązanie od strony Visitora do klasy Expression.

Przeciążeniu podlega całkiem sporo metod, odpowiadających różnym typom wyrażeń – dla drzewa binarnego mieliśmy tylko dwa konkretne typy struktury kompozytowej (węzeł lub liść), dla wyrażenia jest to m.in. wyrażenie binarne, stała, wyrażenie funkcyjne itd.

Przykład:

```
class Program
{
    static void Main(string[] args)
    {
        Expression<Func<int, int>> f = n => 4 * (7 + n);

        PrintExpressionVisitor v = new PrintExpressionVisitor();
        v.Visit(f);

        Console.ReadLine();
    }
}

public class PrintExpressionVisitor : ExpressionVisitor
{
    protected override Expression VisitBinary( BinaryExpression expression )
    {
        Console.WriteLine("{0} {1} {2}",
           expression.Left, expression.NodeType, expression.Right);

        return base.VisitBinary(expression);
    }

    protected override Expression VisitLambda<T>( Expression<T> expression )
    {
        Console.WriteLine("{0} -> {1}",
            expression.Parameters.Aggregate(string.Empty, (a, e) => a += e),
            expression.Body );

        return base.VisitLambda<T>( expression );
    }
}
```

5.5 Visitor a Double Dispatch

O wzorcu Visitor mówi się również w kontekście mechanizmu tzw. **Double Dispatch**

https://en.wikipedia.org/wiki/Double_dispatch

Chodzi o to że w klasycznym kodzie obiektowym wybór metody która zostanie wywołana przez

```
cs.Accept( cv );
```

zależy tylko od typu **cs**. To klasyczne zachowanie obiektu to **Single Dispatch** (zwykła funkcja wirtualna). Z kolei przy Double Dispatch, to jaki kod zostanie wywołany zależy zarówno od typu **cs** jak i od typu **cv**.